bit 2

INTERNATIONAL

kompjuteri i vizualna istraživanja

computers and visual research

ješa denegri
herbert w. franke
hiroshi kawano
georg nees
frieder nake

michael a. noll
m. r. schroeder
leslie mezei
petar milojević
marijan vejvoda

bitbitbit

bit international br. № 2 1968.

Sadržaj

3 *Ješa Denegri*
Jedna nova perspektiva — kompjuteri i vizuelna istraživanja

9 *Herbert W. Franke*
Kibernetske osnove programirane umjetnosti

19 *Hiroshi Kawano*
Estetika za kompjutersku umjetnost

29 *Georg Nees*
Kompjuterska grafika i vizuelna kompleksnost

45 *Frieder Nake*
Umjetnička produkcija kao proces odlučivanja

51 *Michael A. Noll*
Digitalni kompjuter kao kreativno sredstvo

63 *M. R. Schroeder*
Slike iz kompjutera

81 *Leslie Mezei*
Sparta, proceduralno orijentirani jezik programiranja za manipuliranje arbitrarnim crtežima

95 *Petar Milojević*
Dinamički crtež

123 *Marijan Vejvoda*
Istraživanje mišljenja

131 Bibliografija

Table of Contents

Ješa Denegri
A new prospective — computers and visual research

Herbert W. Franke
Die kybernetischen Grundlagen der programmierten Kunst

Hiroshi Kawano
The aesthetics for computer art

Georg Nees
Computergraphik und visuelle Komplexizität

Frieder Nake
Die Kunstproduktion als Entscheidungsprozess

Michael A. Noll
The digital computer as a creative medium

M. R. Schroeder
Images from computers

Leslie Mezei
Sparta, a procedure oriented programming language for the manipulation of arbitrary drawings

Petar Milojević
Dynamic design

Marijan Vejvoda
Research into thought

Bibliography

Izdavač/Publisher
Galerije grada Zagreba
Zagreb
Katarinin trg 2

87,381
ZABRLO, Ilirinska ulica 2 — Tel.
INV. BR. 1605/1

Uredništvo/Editorial board

Božo Bek / glavni
i odgovorni urednik / Editor
Dimitrije Bašičević
Vera Horvat-Pintarić
Boris Kelemen
Matko Meštrović
Vatroslav Mimica
Ivan Picelj
Radoslav Putar
Vjenceslav Richter

Ovaj broj uredili / This Number edited by
Boris Kelemen
Radoslav Putar

Prijevodi / Translations by
Vilim Crlenjak
Dubravka Kritovac
Josip Rittig
Pavao Roth
Božidar Springer

Lektori / Textual revision
Vera Andrassy, Sonia Bićanić,
Eileen Brown, Zlata Dujmić,
Gertruda Postl-Božić

Korektori
Branka Horvat / Ivan Kalinski

Oprema / Layout
Ivan Picelj

Tehnički urednik / Technical supervision
Roko Bolanča

Crteži shema
László Bútor

Tisak/Printed by
Grafički zavod Hrvatske, Zagreb
Printed in Yugoslavia

Stavovi i mišljenja autora ne moraju uvijek biti identični sa stavom redakcije / The views expressed in the Articles are not necessarily those of the Editors

Pojedini broj / Single numbers
za Jugoslaviju n din 10
in Yugoslavia n din 10
za inozemstvo US $ 2
abroad US $ 2

Pretplata / Subscriptions
Za Jugoslaviju godišnje n din 35
For Yugoslavia yearly n din 35
Za inozemstvo godišnje US $ 7
For abroad yearly US $ 7

Pretplatu prima / »bit« can be ordered from
Galerije grada Zagreba
Zagreb
Katarinin trg 2
Yugoslavia

Rukopisi se ne vraćaju
Manuscripts are not returned

»bit« izlazi svaka tri mjeseca
»bit« is published quarterly

Sva prava kod autora / Copyright by Authors

Svi članci štampani su dozvolom vlasnika copyrighta / All articles are printed with permission of copyright owner

ješa denegri

muzej savremene umetnosti, beograd

jedna nova perspektiva kompjuteri i vizuelna istraživanja

ješa denegri

the new prospective computers and visual research

Sve one pojave koje uvjetuju čovjekovo osnovno, životno, društveno i produktivno ponašanje u određenu povijesnom vremenu, posredno se ili neposredno ispoljavaju i u sferi kulture i u sferi umjetnosti, određujući tako karakter čovjekova postojanja ne samo u materijalnim već ujedno i u duhovnim i misaonim koordinatama. Razumljivo je, stoga, da u našem vremenu, koje je bitno označeno upravo sveopćom prisutnošću tehnike i neslućenom moći tehnologije, postaje sve sudbonosniji odnos između pojedinih znanstvenih spoznaja i umjetničke imaginacije. Nije pri tom riječ u samoj suštini tog odnosa, o eventualnoj opasnosti od gubitka specifičnog bića umjetnosti, o opasnosti podvrgavanja područja umjetnosti području znanosti, već prije o nužnoj mogućnosti usaglašavanja mnogih čovjekovih stvaralačkih i imaginativnih sposobnosti s onim pojavama koje svakodnevno donosi složena realnost današnjeg života, radi što jasnijeg, neposrednijeg i adekvatnijeg sagledavanja samih osnova naše zajedničke egzistencijalne situacije u postojećim povjesnim uvjetima. Prema tim uvjetima suvremena se umjetnost, gledajući uopćeno, odnosila na dva gotovo dijametralno suprotna stanovišta. S jedne strane, ona je upozoravala na simptome gubljenja humane jezgre u izmijenjenom životnom i društvenom kontekstu rapidne industrijalizacije, ukazujući na pojave otuđenja i postvarenja ličnosti i gledajući na cjelokupni tehnološki progres kao na, istina, neminovnu, ali ujedno i zabrinjavajuću i za čovjeka ugrožavajuću stvarnost. S druge strane, bio je izražen i nepokolebivo afirmativan odnos prema širenju životnih dimenzija uz pomoć pozitivne primjene mnogostrukih znanstvenih spoznaja, a sama je umjetnost u takvoj situaciji imala sposobnošću svog složenog djelovanja na čovjekov duh i čovjekovu psihu postepeno pripremati i prilagođivati ne samo ljudsku jedinku već i čitavo društvo onoj novoj realnosti kojoj se čovječanstvo još od vremena prve industrijske revolucije bilo nezaustavljivo uputilo. To je ujedno i bila vjera pionira moderne arhitekture i protagonista prvih umjetničkih avangardi našeg stoljeća, od futurizma do De Stijla, ruskog konstruktivizma i Bauhausa, a kroz njihovu čistu duhovnu akciju nazirao se u osnovi napor usmjerenja ljudskog mišljenja i mnogih praktičnih navika u pravcu građenja visokoproduktivnog, ali ujedno i humaniziranog i sretnog društva industrijske epohe. Istina, kao što to dobro znamo iz mnogih činjenica moderne povijesti, realnost je sva ta stremljenja dvaput brutalno rušila u blato uzastopnih svjetskih kataklizmi prekidajući u tom pravcu sve otvorene perspektive, pa je ostvarenje toga idealnog društvenog projekta i nadalje ostalo utopija koja danas još ni izdaleka nije dobila ni osnovne preduvjete za svoje ispunjenje. Drugi svjetski rat i reakcija napaćenog individuuma na stanje sveopće egzistencijalne ugroženosti doveli su do rađanja jedne umjetnosti naglašenog ispovjednog, buntovnog i u osnovi tragičnog samorazotkrivanja usamljenog pojedinca

All the phenomena conditioning human basic behaviour in life society and production are reflected directly or indirectly both in the spheres of culture and art determining in that way not only the character of man's existence in the material but also in the spiritual and thought coordinates. It is therefore normal that in our time which is essentially characterized by the omnipresence of technics and unprisentimental power of technology, the relationship between certain knowledge established by science and artistic imagination should be to an always ever greater extent portentious. Herein, at the very core of the relationship there is no potential danger of the domaine of art being subordinated to the domaine of science, but there is, preceding that, the necessary opportunity to co-ordinate man's many creative and imaginative capacities with those phenomena being brought about by the current of everyday life in its present complexity in order to get as clear as possible a view, immediate and adequate, of the very foundations of our common existential framework in the actual historical conditions. Generally speaking the modern art has been taking two diametrically opposed attitudes towards these conditions. On the one hand it was issuing warnings about the emergence of symptoms witnessing the loss of human core under the changed living and social context of rapid industrialization. Also it was pointing to the phenomenon of alienation and reifying of human personality while considering technological progress as a whole as one, admittedly unavoidable, reality which, nonetheless, is giving cause to concern as endangering man. On the other hand it expressed the unshakeably positive attitude towards the enlargment of living horizons based on the assistance of positive applications of manifold scientific knowledge while art itself was to gradually prepare and accommodate, in such a situation, not only human individual but society as a whole to this new reality towards which humanity has been unavoidably tending since the first industrial revolution. Art could not but do it due to its capacity of complex effects on our spirit and psyche. This belief was shared too by the pioneers of modern architecture and the proponents of the first artistic avangarde groups of 20-ieth century from Futurists to De Stijl and from Russian Constructivism to Bauhaus. Throughout their pure spiritual action one could discern the basic attempt to guide human thinking and many practical habits all directed with the view to build up a highly productive, but at the same time, humanized happy society in the industrial epoch. It is, as we know, true as also many a fact of modern history proves that reality has twice brutally crushed these strivings in the successive world catastrophies interrupting all the open prospectives pointing in the described direction. So the coming through of the ideally projected society was, and remains, utopian lacking

koji ni u šta drugo, do u samu vječnu snagu gole materije nije mogao i nije želio imati čvrstog povjerenja. Umjetnost koja je dominirala u toku četrdesetih i pedesetih godina u svojim je najboljim i najsnažnijim primjerima umjetnost herojskog revolta, ali ujedno i umjetnost usamljeničke skepse, umjetnost koju na ekspresivnom planu karakterizira bol i krik individuuma, umjetnost koju na filozofskom planu karakterizira agnosticizam i egzistencijalističko naglašavanje same činjenice postojanja, umjetnost koju na idejnom planu karakterizira prihvaćanje dane sadašnjosti i odustajanje od napora usmjerenja snaga k motivima budućnosti. U toj psihozi sveopće neizvjesnosti, u tom gubitku svake vjere u postojeće i nametnute »mitove«, od povijesnih i nacionalnih do kulturnih i ideoloških, javilo se spontano među mladim umjetnicima u različitim krajevima Evrope intuitivno vjerovanje u ideju moguće konstruktivne akcije, a umjetnost je isto kao i u vrijeme ranih avangardnih pokreta ponovo pružala pogled u fenomene znanosti kao u ono možda jedino stabilno pribježište koje u svijetu neprestanih političkih, socijalnih, idejnih i etičkih pomjeranja može biti makar relativni oslon u naporu izgrađivanja nekih trajnijih i općeprihvatljivijih vrijednosti. Pokret »Novih tendencija«, koji je snažno izbio na samom početku našeg decenija, došao je kao pokušaj usmjerenja značenja umjetničkog čina i same umjetnosti u one oblasti života unutar kojih se počela konstituirati jedina danas moguća i realna slika suvremene civilizacije, a to se usmjerenje počelo odražavati ne samo na planu nove metodologije i tehnologije oblikovanja već ujedno i u nagovještajima mijenjanja dosadašnjih mjerila odnosa umjetnik — djelo — društvo. Zasluga je pokreta »Novih tendencija« što je u punoj problemskoj oštrini postavio to pitanje stvarnih relacija umjetnosti i nove životne realnosti, i što se unutar tog akutnog konflikta izjasnio ne za akciju opovrgavanja već za akciju stabiliziranja pozitivnih duhovnih oznaka suvremenosti. Metoda i istraživanje — to su bili oni konstruktivni modusi kreativnog ponašanja koji su karakterizirali tu novu plastičku operativnost, a kao posljedice takvog izmijenjenog čina kreacije došlo je do pojave onih osobina djela koje su mogle biti podvrgnute određenoj analitičkoj konceptualizaciji. Usvajajući pojedine instrumentarije imanentne premisama znanstvenog mišljenja (»struktura«, »program«, »informacija« i dr.) umjetnost je prevladala stupanj isključivo osjećajne ljudske aktivnosti i doprla do nekih objektivnih postavki vrijednosti, postavki koje bivaju predmetom egzaktnih procesa projektiranja, realiziranja i provjeravanja značenja tog novog tipa umjetničkog djela.

Tim momentom kojim se iz umjetničkog čina prevladava isključivo transcendentalna komponenta ekspresije i otvara put prema egzaktnim propozicijama određenih problema, došlo se do stupnja u kome se radi građenja novih oblikovnih struktura mogu iskoristiti prednosti što ih pružaju pojedini kibernetički i

even today practically all the preconditions for its fulfilment. The World War Two and the reaction of the suffering individual to this state of universal danger to security have caused the rise of the art of prominently confessing, resentful and in the essence tragic strip-tease of lonely individual unable and not wishing to steadfastly cling to anything but to eternal and lasting power of raw matter itself. Art that dominated in the forties and fifties is, as regards its best and most powerful examples, the art of heroic revolt but simultaneously of lonely scepticism. It is art cbaracterized by pain and shout of an individual on the plane of expression; by agnostical and existentialist underlying of the very fact of existence on the philosophical plane, and on the plane of ideas characterized by the acceptance of the present as it stands and by the relinquishing of efforts to guide the active forces towards the paths of future. In different parts of Europe an intuitive belief in the idea that a constructive action is possible has emerged under that very pressure of psychosis of uncertainty, i.e. while no one believes any more in the existing and imposed "myths" historical, national, cultural and ideological here included. The intuitive believing sprang up spontaneously among many young artists in various parts of Europe. So the art once more offered the insight into scientific phenomena just as had done the earlier avangarde movements. These phenomena appear as eventually the only mainstay or shelter in a world of constant political, social and ethic shifts. It may serve as at least relatively stable support to those making efforts to build up some more lasting and generally more acceptable values.

The New Tendency movement that made the mighty breakthrough at the start of this centenary has risen as an attempt to guide the meaning of artistic act and art itself in those domains of life wherein began to form the only possible and now real picture of modern civilization. These particular guiding lines started to reflect not only on the plane of new methodology and technology of design but also in the intimation of the ensuing change of the existing measures concerning relationships artist-work-society. The merit to ascribe to New Tendency movement lies in its poignant posing the question of real relations of art and new reality of life in all its problem scope. Also the movement declared its support for the action of stabilization of positive spiritual features of contemporaneity, not for the action of decrying something. The research methods for it are those constructive new plastic operationality and the new qualities of work which came into existence owing to such changed creative act which can be subjected to a definite analytic conceptualization.

By adoption of certain instrumental means imanent to premises of scientific thought (viz. "structure", "programme", "information" etc.), art has surpassed the degree of a

automatski instrumenti. Počinje time da se ostvaruje ona profetska zamisao Norberta Wienera koji je još u svoje vrijeme slutio složenu i do kraja razvijenu međuzavisnost čovjeka i stroja u najrazličitijim manifestacijama životnih djelatnosti. Isto tako, Abraham Moles je na temeljima nesumnjive empirije mogao ukazati na činjenice da se čovječanstvo danas nalazi na pragu duboke tehničke revolucije — revolucije automatizacije — koja će svojim opsegom radikalno mijenjati gotovo sve sektore čovjekova kreativnog ponašanja, a svojim sveopćim prodorom u samu bit ljudskog rada neminovno će zahvatiti i sferu umjetnosti i uvjetovati u njoj određene reperkusije. U takvoj situaciji, suvremeni umjetnik, a pogotovo umjetnik budućnosti, postat će svjestan perspektiva koje se otvaraju: kompjuter, instrument koji je već danas našao mnogostruku primjenu u najrazličitijim oblastima društvene i produktivne prakse, moći će svojim specifičnim osobinama odigrati izuzetno važnu ulogu u definiranju procesa novog tipa umjetničke kreacije. Nužno je pri tom sagledati realnu mogućnost i funkciju kompjutera u takvom procesu, i precizirati operativne zadatke samog umjetnika u takvim izmijenjenim uvjetima rada. Po Molesu, osoba koja će posluživati kompjuter radi dobivanja »umjetničkih informacija« bit će neka vrsta »estetičara-programera«, sjedinjavat će, dakle, u svojoj funkciji umjetničke sklonosti i specijalizirano znanstveno obrazovanje i u tom će smislu posjedovati ne samo jasno definiranu projektantsku svijest o oblicima i strukturama koje istražuje, već će ujedno biti kadra da operira s kompjuterom na način koji će mu omogućiti što efikasnije i potpunije ostvarenje njegovih polaznih ideja. Kompjuter se, naime, ovdje javlja kao »amplifikator kompleksnosti« (Moles), kao medijum razrade onih podataka koje planira i postavlja odgovorni estetičar-programer. Stroj, dakle, nije »stvaralac« već »sredstvo«, ali sredstvo s izvanrednim sposobnostima realizacije i transmutacije postavljenih problema, a rezultati koje daje mogu u stanovitim slučajevima biti i takvi da svojim konačnim vizuelnim učinkom nadilaze norme zadanog »programa« budući da se na bazi autoregulativnih uređaja u samoj funkciji kompjutera može dobiti određena količina neočekivanih odnosa, sistema i kombinacija. Osnovno je, međutim, da po završetku takve operacije »program« prijeđe iz numeričkog odnosno znakovnog repertoara podataka,

specifically emotionally based human activity and attained to some objective value hypotheses, i.e. hypotheses that are the theme of exact design processes as well as of realization and verification of meaning of this new type of work of art. At this juncture where by artistic act one overcomes the entirely transcendental component of expression and opens the way toward exact definition of certain problems the degree has been reached which enables the utilization of advantages offered by certain instruments of cybernetics and automation, all in the aim of building up new design structures. Now the prophecy of Norbert Wiener who was aware of the complex and extremely developed interactive involvment between man and machine in most diverse manifestations of life and its activities is beginning to come through. In the same way Abraham Moles has been able to point out, basing his research on empirical data, to the fact that human race today is facing the dawn of second technical revolution, i.e. the automation revolution which will by its volume radically change almost all the spheres of man's creative behaviour; by making an all-out penetration in the very essence of human work it will inevitably infuse the sphere of art and cause in it certain repercussions. In these circumstances the modern artist and the artist of the future in particular will become conscious of prospectives opening to him. These are in computer, the instrument which has, as by now, found its multiple applicability in most diverse domains of social and productive practice; it will by its specific properties play the exceptionally important role in defining the process of a new type of artistic creation. Herein it is essential to realise the real possibility and computer function in such kind of a process as well as to more precisely define the operative tasks of artist himself under such changed working conditions. As Moles said the person who will employ computer for the purposes of obtaining "artistic information" will be a kind of "aesthetician-programmer". He will have to unite, while functioning, artistic inclination with specialist scientific training so that he will not only possess the clearly defined design awareness as regards forms and structures which he investigates but also will be able to operate the computer in such a way that will best enable him to fulfill as efficiently as possible and as completely as desirable his initial concepts. Namely, computer here acts as "amplifier of complexity" (A. Moles's term), as the medium to process the data that are planned and posed by responsible aesthetician-programmer. Machine, therefore, is not "creator" but "tool" though the tool capable of exceptional results and transmutations of initially given problems. In some cases the results may even by their ultimate visual impression surpass the constraints and norms of the given "program". This may happen due to autoregulative units in the computer generating a certain quantitiy of

kojima ga snabdijeva estetičar-programer, u autonomne vizuelne ili auditivne podatke pristupačne našim osjetima, tako da bi se time u ostvarenu djelu sačuvala ona neophodna kvaliteta »umjetničkog«, neovisno o tome što je ono dobiveno procesom koji u pojedinim fazama svog odvijanja podrazumijeva strogu znanstvenu konceptualizaciju.

U ovim postavkama bile su sadržane samo neke osnovne indikacije odnosa između umjetničkih pobuda kao izraza čovjekove čiste duhovne aktivnosti i automatskih sredstava kao tehničkih sredstava uz pomoć kojih ta aktivnost daje što cjelovitije, sadržajnije i bogatije rezultate. Ono što neposredno predstoji u konkretnoj istraživačkoj praksi, to je daljnja razrada onih formativnih principa na bazi kojih se rezultati takve operativnosti mogu učiniti što efikasnijim i kvalitetnijim ne samo sa metodološkog već ujedno i sa »estetičkog« stanovišta, i o razjašnjenju tog problema mislim da će i ovisiti realni vrijednosni karakter pothvata koji je otvoren približavanjem umjetnosti i kibernetike. Ako se u budućnosti ti rezultati pokažu zadovoljavajućim i na jednom specifičnom estetičkom nivou, otvorit će se sigurno niz novih procijepa u već ionako poljuljanim oblicima sadašnje psihološke i socijalne funkcije umjetnosti u suvremenom svijetu, a u ovom trenutku sve posljedice tih promjena nije još moguće detaljnije sagledati.

unpredictable relationships, systems and combinations. However, the real point is for the program at the end of operation to transform from numerical or sign-repertory of data which are supplied by aesthetician-programmer into autonomous visual or auditive data accessible to our senses with the view to ensure the preservation of the necessary "artistic" quality in the work finally obtained. This should be independent of what is obtained by the process which in certain phases of design requires strict scientific conceptualisation.

In the above premises there are really contained only some basic indications of relations operating between the artist's motives to express man's pure spiritual activity and automatic tools, i.e. the technicals means which go to help obtain the most complete, rich in content and otherwise fruitful results What is our immediate forthcoming task to be realised through the practice of research is the continued working out of those formative principles on which are based those results which could make such operationality most efficient and of best quality not only from the standpoint of methodology but also from the viewpoint of "aesthetics". I believe that on the solution of this problem will also depend the real value-containing character of the whole enterprise. The way to it is open by the meeting point and coming together of art and cybernetics. If future proves these results satisfying at a specific level of aesthetics then, surely, a new sequence of gaps is to open wide in already tottering forms of present-day function of psychology and sociology of art in the contemporary world. At the moment we are unable to realise all the detailed implications that will result from these changes.

Translation: Vilim Crlenjak

herbert w. franke

kibernetske
osnove
programirane
umjetnosti

herbert w. franke

kreuzpullach, münchen

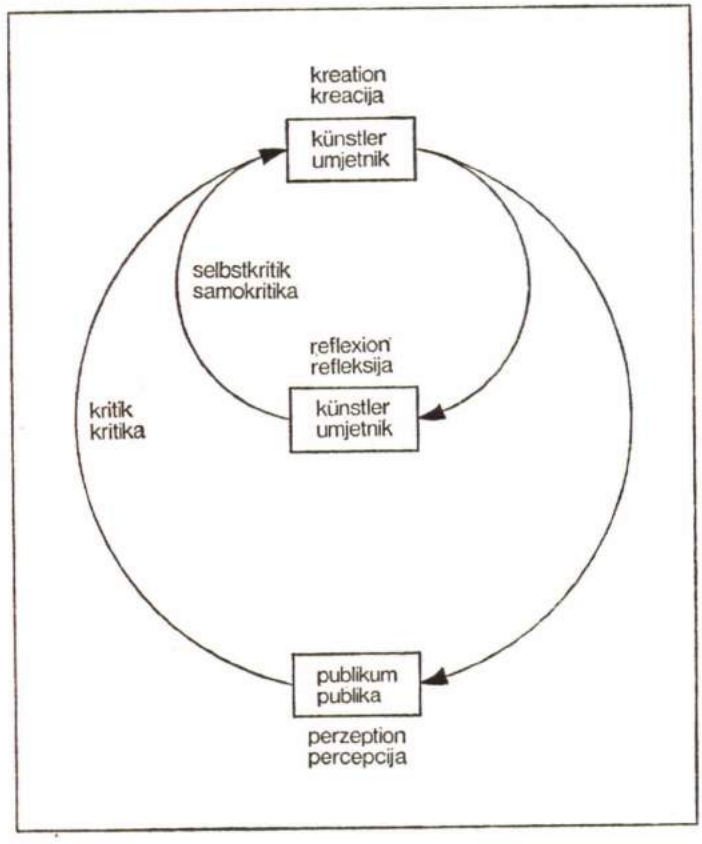
die kybernetischen
grundlagen
der programmierten
kunst

1

Pretpostavka za prenošenje umjetnički produktivnih procesa na automate racionalna je teorija estetike. Osnovicu za to daje nam shvaćanje umjetnosti kao procesa komunikacije: umjetnik nudi svoje djelo publici da bi ga ona perceptivno prihvatila. Koliko je to perceptivno prihvaćanje uspjelo, to umjetnik opaža po reakciji, na primjer po kritici, pa onda može poboljšati strategiju svoje proizvodnje. U praksi je povratna sprega različito jasno izražena, a u nekim prilikama može i potpuno otpasti; onda proizvodni proces postaje sam sebi svrha (pri tom je, međutim, redovito umjetnik sam uključen kao kontrolna instancija, jer on, zastupajući svoju publiku, ocjenjuje vlastite rezultate i uči iz svojih iskustava). Sa socijalnog aspekta značajniji je slučaj snažne povratne sprege. Onda u kružnom procesu estetske komunikacije percepcija propisuje proizvodnji nominalnu vrijednost (koja se očekuje = Sollwert) u smislu regulacionog procesa. Na taj način postaje teorija percepcije ključ za racionalno shvaćanje estetike.

1

Voraussetzung für eine Delegierung künstlerisch produktiver Prozesse an Automaten ist eine rationale Theorie der Ästhetik. Die Basis hierfür liefert die Auffassung der Kunst als Kommunikationsprozess: Der Künstler bietet sein Produkt dem Publikum zur perzeptiven Aufnahme. Wie weit diese gelungen ist, beobachtet er an der Reaktion, beispielsweise der Kritik und kann danach die Strategie seiner Produktion verbessern. In der Praxis ist die Rückkopplung verschieden stark ausgeprägt und kann unter Umständen ganz wegfallen; dann wird der Produktionsprozess zum Selbstzweck (dabei ist aber normalerweise der Künstler selbst noch als Kontrollinstanz eingeschaltet, indem er, stellvertretend für sein Publikum, seine eigenen Resultate beurteilt und aus seinen Erfahrungen lernt). Aus sozialen Aspekten wichtiger ist der Fall starker Rückkopplung. Im Kreiprozess der ästhetischen Kommunikation ist dann der Produktion durch die Perzeption ein Sollwert im Sinn eines Regelungsprozesses vorgeschrieben. Schlüssel zur rationalen Erfassung der Ästhetik ist somit die Theorie der Wahrnehmung.



2

Za uspjeh percepcionih procesa vrijede neki nužni, iako ne i dovoljni uvjeti:

1 Fizio-fizikalni uvjet

Fizička svojstva informacionog uzorka moraju odgovarati perceptivnim područjima osjetila — npr. po intenzitetu, kontrastnosti, spektralnom opsegu itd.

2 Informacijsko-psihološki uvjeti

2.1. Redundancijski uvjet

Informacioni uzorak mora sadržavati redundancije, koje omogućuju redukciju informacije

2.2. Informacijski uvjet

Ostatak informacije koji se ne može reducirati ne smije prijeći 16 bit/a.

Pri tom se informacijski podatak odnosi na znakovni repertoar publike; prilagođivanje može prema tome uslijediti samo statistički (prilagođivanje znanju i načinu mišljenja skupine kojoj se prilazi).

3

Da bi neki način ponašanja bio primijenjen, potrebni su evokativni momenti, u prvom redu impulsi. Sredstva za to jesu emocije. U smislu kibernetike emocije se moraju shvatiti kao signali kojih postajemo svjesni, koji su pridijeljeni određenim podražajnim uzorcima i kojima je svrha da upozore na njihovu naročitu pozitivnu ili negativnu valenciju (npr. u smislu rješavanja problema). Već prema tome izazivaju li tendenciju za zadržavanje ili izbjegavanje nekog stanja, osjećamo ih kao ugodne ili neugodne.
Specifične emocije usmjeravaju i percepciono ponašanje kao i mnoge druge načine ponašanja. Time se pooštravaju uvjeti spomenuti pod 2:

3 Motivacijski uvjet

Informacijski uzorak ne smije biti takav da bi se mogao reducirati na manje od 16 bit/a, inače ne zaokuplja potpuno pažnju i djeluje dosadno.

(Dosada je emocionalni signal koji izaziva tendenciju da se obratimo drugom, informacijski bogatijem zbivanju; taj način usmjeravanja ponašanja dovodi do orijentacije koja se neprestano upotpunjuje, a veoma je korisna u borbi za opstanak.)

2

Für das Gelingen von Wahrnehmungsprozessen gelten einige notwendige, wenn auch nicht hinreichende Bedingungen:

1 Physiophysikalische Bedingung

Die physikalischen Eigenschaften der Informationsmuster müssen den Aufnahmebereichen der Sinnesorgane — z. B. nach Intensität, Kontrast, Spektralumfang usw. — entsprechen.

2 Informationspsychologische Bedingungen

2.1 Redundanzbedingung

Die Informationsmuster müssen Redundanzen enthalten, die eine Reduktion der Information erlauben.

2.2 Informationsbedingung

Der nicht reduzierbare Rest der Information darf 16 bit/s nicht überschreiten.

Hier bezieht sich die Informationsangabe auf das Zeichenrepertoire des Publikums; die Anpassung kann daher nur statistisch erfolgen (etwa an die Kenntnisse und Denkmodalitäten der angesprochenen Gruppen).

3

Damit eine potentielle Verhaltensweise auch zur Anwendung kommt, bedarf es auslösender Momente, im besondern jener der Antriebe. Mittel dazu sind die Emotionen. Im Sinne der Kybernetik sind sie als bewusst werdende Signale aufzufassen, die bestimmten Reizmustern zugeordnet sind und den Zweck haben, auf deren besondere positive oder negative Wertigkeit (beispielsweise im Sinne des Problemlösens) aufmerksam zu machen. Je nachdem, ob sie die Tendenz zum Beibehalten oder Vermeiden eines Zustandes auszulösen, werden nie als angenehm oder als unangenehm empfunden. Wie viele andere Verhaltensweisen wird auch das Wahrnehmungsverhalten durch spezifische Emotionen gesteuert. Dadurch werden die unter 2 genannten Bedingungen verschärft:

3 Motivationsbedingung.

Das Informationsmuster darf sich nicht auf weniger als auf 16 bit/s reduzieren lassen, sonst beansprucht es nicht die volle Aufmerksamkeit und wirkt langweilig.

(Langeweile ist ein emotionelles Signal, das die Tendenz hervorruft, sich einem anderen, informationsreicheren Vorgang zuzuwenden; diese Art der Verhaltenssteuerung führt zu einer aus Überlebensgründen sehr nützlichen, sich ständig vervollständigenden Orientierung.)

Pozitivne emocije percepcionog ponašanja jesu:
a. interes za vrijeme nesmetane prerade informacija,

b. zadovoljstvo nakon uspješnog završetka prerade.

Asocijacije aktiviraju daljnje, drugim oblicima ponašanja pridijeljene emocije, koje djeluju na interes, pažnju i izdržljivost tako da ih oslabljuju ili pojačavaju. Često se one svjesno stavljaju u akciju u strateškoj zamisli (u nastavi, reklamnoj propagandi, zabavnoj literaturi).

4

Uvijek kad se pred nas postavlja zadatak da se informacijski uzorci bilo koje vrste tako predaju da ih ljudi-primaoci optimalno prihvaćaju i bez pomagala, moraju se uzeti u obzir spomenuti uvjeti. U praksi prenošenja vijesti, u pedagogiji, reklamnoj propagandi itd. prvenstveni je cilj prenošenja znanja, pa je važno — na primjer kod programirane nastave — da se materijal tako priredi da što bolje odgovara uvjetima od 1 do 3. Što nam to bolje pođe za rukom, to je snažniji emocionalni doživljaj primaoca baziran na uspjeloj percepciji.
U pojedinim slučajevima može se taj doživljaj postaviti kao stvarni cilj prezentacije informacionog uzorka. Strategija je u tom slučaju u onoj mjeri olakšana u kojoj se sporedni uvjeti što ih traži preneseni sadržaj vijesti ne moraju uzeti u obzir. U tom su slučaju elementarni znakovi — zvukovi, geometrijske jedinice, fonemi, semantemi itd. — predmet slobodnog izbora. Iz njih se izgrađuju uzorci u kojima se poznati redovi i nove konstelacije povezuju prema pravilima 2.1. i 2.2.

5

Kibernetička teorija percepcije izdiže time pomoću informacijskih karakteristika iz daljnjih slojeva naročitu klasu podražajnih uzoraka, naime one koji prema uvjetima 1, 2, 3 pružaju optimalne pretpostavke za prijem. Zbog svojih naročitih svojstava kao komunikativnih struktura zaslužuju naročitu pažnju. Vrijedilo bi da se sistematski izgrade i da se ispita njihovo djelovanje na primaoce.

S druge bi strane objekti koji daju takve podražajne uzorke već po svojoj prirodi morali biti upadljivi, pa bi — ako postoje — svakako već i bili zapaženi. I uistinu, moguće je pokazati da između njih i onih predmeta koji se u

Positive Emotionen des Wahrnehmungsverhaltens sind:
a. Interesse während der ungehinderten Informationsverarbeitung,
b. Befriedigung nach deren gelungenem Abschluss.

Durch Assoziation lassen sich weitere, anderen Verhaltensweisen zugeordnete Emotionen aktivieren, die verstärkend oder schwächend auf Interesse, Aufmerksamkeit, Ausdauer wirken. Oft werden sie im strategischen Konzept bewusst eingesetzt (Unterricht, Werbung, Unterhaltungsliteratur).

4

Immer dann, wenn die Aufgabe gestellt ist, Informationsmuster, ganz gleich welcher Art, so zu übermitteln, dass sie von menschlichen Empfängern ohne Hilfsmittel optimal aufgenommen werden, sind die genannten Bedingungen zu berücksichtigen. In der Praxis der Nachrichtentechnik, der Pädagogik, der Werbung usw. ist das übergeordnete Ziel die Übertragung von Wissen, und es kommt — etwa beim programmierten Unterricht — darauf an, den Stoff so aufzubereiten, dass er den Bedingungen 1 bis 3 bestmöglich entspricht. Je besser das gelingt, umso, stärker ist auch das mit gelingender Wahrnehmung verbundene emotionelle Erlebnis des Empfängers.
In besonderen Fällen kann man dieses Erlebnis als das eigentliche Ziel der Darbietung des Informationsmusters setzen. Die Strategie ist dann insofern erleichtert, als keine — zum Beispiel durch den Inhalt der übermittelten Nachtricht geforderte — Nebenbingungen berücksichtigt zu werden brauchen. Die Elementarzeichen — Töne, geometrische Einheiten, Phoneme, Semanteme, u. dlg. — sind dann frei wählbar. Aus ihnen werden Muster aufgebaut, in denen sich bekannte Ordnungen und neue Konstellationen nach den Regeln 2. 1 und 2. 2 verbinden.

5

Die kybernetische Theorie der Wahrnehmung hebt somit durch ein informationelles Merkmal aus dem Untergund eine besondere Klasse von Reizmustern heraus — jene, die nach den Bedingungen 1. 2 und 3 optimale Voraussetzungen zur Aufnahme bieten. Durch ihre besondere Eigenschaften als kommunikative Strukturen verdienen sie besondere Beachtung. Es läge nahe, sie systematisch aufzubauen und ihre Wirkungen auf die Empfänger zu untersuchen.

Anderseits müssten Objekte, die solche Reizmuster abgeben, von Natur aus auffällig wirken und — wenn sie existieren — längst bemerkt worden sein. In der Tat lässt sich zeigen, dass zwischen ihnen und jenen Gedenständen, die man

svakodnevnom govoru označuju kao lijepi, postoji uzajamni odnos. A to znači da postoji mogućnost da se na prirodoslovni način definira ljepota (to je prema H. Franku pretpostavka za kompjutersku umjetnost):

> Objekte ili podražajne uzorke koji pružaju optimalne uvjete za percepciju označujemo kao lijepe.

Predmeti u prirodi posjedovat će tu tako definiranu ljepotu samo rijetko, i onda samo iz slučajnih razloga. Moguće je, međutim, umjetno tako izgraditi objekte da to svojstvo dobiju u veoma visokom stupnju. I tu ponovno treba dokazati uzajamni odnos s jednim pojmom u kolokvijalnom jeziku, s pojmom umjetničkog djela:

> Učinjeni objekti ili podražajni uzorci koji imaju optimalne uvjete za percepciju smatraju se umjetničkim djelima.

6

Prema tome, jedan je od osnovnih zadataka pri izgradnji umjetničkih struktura — posve u skladu s tradicionalnim gledanjima — pronalaženje ispravne mjere između elemenata reda (redundancija) i originalnosti (informacija). (Mnoge klasične teorije stavljaju naglasak na zakonomjernost, harmoniju, ravnotežu itd., drugi opet na informaciju — otuđenje, skretanje. Kibernetički model mišljenja pokazuje se kao nadređeno gledanje, koje ujedinjuje oba klasična shvaćanja. Kao automat koji služi oblikovanju i preoblikovanju redova javlja se kompjuter kao upotrebljivi instrument estetske proizvodnje. Pored toga mora raspolagati pohranjenom rezervom elementarnih znakova, a jednako i programom koji će provoditi kombinaciju tih znakova. Kombinacija se odvija na osnovu odabranih stilskih zakona i slučajnih vrijednosti, koji ulaze preko »random-niza« ili generatora šumova. Ako program nema čvrstijih pravila o informaciji ili redundanciji, onda se redundancija mora utvrditi pomoću sporednog programa i predati na tekuću kontrolu.

Pri današnjem stanju razvoja značenje kompjutera kao pomoćnog sredstva eksperimentalne estetike uvelike nadvisuje njegovo značenje kao umjetničkog instrumenta: samo zajedno sa eksperimentalnom estetikom može primjena kibernetičkih metoda mišljenja naći svoj put do sigurne racionalne teorije umjetnosti. Eksperimentalna estetika treba da prije svega istražuje strategije i da razvija nove, koje služe izgradnji optimalno prijemljivih struktura. Vjerojatno je da će na osnovu svoje izvanredne uspješnosti u suradnji racionalnih i tehničkih metoda taj postupak dati snažne impulse umjetničkoj praksi. Tek će na drugom mjestu vjerojatno

umgangssprachlich als schön bezeichnet, eine Korrelation besteht. Das bedeutet aber, dass es eine naturwissenschaftliche Möglichkeit zur Definition von Schönheit gibt (nach H. Frank eine Voraussetzung für die Computerkunst):

> Objekte oder Reizmuster, die optimale Bedingungen zur Wahrnehmung bieten, werden als schön bezeichnet.

Naturgegenständen wird diese so definierte Schönheit nur selten, und dann aus zufälligen Gründen zukommen. Es ist aber möglich, Objekte künstlich so aufzubauen, dass sie diese Eigenschaft in besonders hohem Grad erhalten. Auch hier ist wieder eine Korrelation mit einem Begriff der Umgangssprache, nämlich jenem des Kunstwerks, nachzuweisen:

> Gemachte Objekte oder Reizmuster, die optimale Bedingungen zur Wahrnehmung bieten, werden als Kunstwerke bezeichnet.

6

Eine der wesentlichen Aufgaben beim Aufbau von künstlerischen Strukturen ist es also — ganz in Übereinstimmung mit herkömmlichen Anschauungen — ein richtiges Mass zwischen Ordnungselementen (Redundanz) und Originalität (Information) zu finden. (Manche klassische Theorien betonen mehr die Gesetzlichkeit — Harmonie, Gleichgewicht u. dgl. —, andere die Information — Verfremdung, Abweichung. Das kybernetische Denkmodell erweist sich als übergeordnete Anschauung, die beide klassischen Auffassungen verbindet.) Als Automat, der der Formation und Transformation von Ordnungen dient, erscheint der Computer als brauchbares Instrument ästhetischer Produktion. Dazu muß er über einen gespeicherten Vorrat von Elementarzeichen verfügen und über ein Programm, das ihre Kombination vornimmt. Diese erfolgt nach gewählten Stilgesetzen und nach Zufallswerten, die über eine 'Random--Reihe' oder einen Rauschgenerator eingehen. Enthält das Programm keine festen Vorschriften über Information und Redundanz, so sollte diese durch ein Nebenprogramm festgestellt und zur laufenden Kontrolle ausgegeben werden.

Beim heutigen Stand der Entwicklung wird die Bedeutung des Computers als Kunstinstrument noch weitaus von seiner Bedeutung als Hilfsmittel der experimentellen Ästhetik übertroffen, mit der zusammen die Anwendung kybernetischer Denkmethoden erst zu einer gesicherten rationalen Theorie der Kunst finden kann. Die experimentelle Ästhetik hat vor allem die Strategien zu untersuchen und neue zu entwickeln, die dem Aufbau optimal perzipierbarer Strukturen dienen. Durch die außerordentliche Effizienz des Zusammenwirkens rationaler und technischer Methoden dürfte diese Art des Vorgehens der künstlerischen Praxis starke Impulse geben. Erst an zweiter

stajati zadaci da se prožmu historijske umjetničke manifestacije. Vjerujemo da će rezultati estetskih istraživanja imati svoje najšire praktično djelovanje na neumjetničkom — financijskom području ili području održavanja vlasti — kao što su odgoj, propaganda, zabava. Ti oblici eksperimentalne estetike treba da odmah od početka budu podvrgnuti kritičkoj pažnji.

7

Percepcijski sistem čovjeka usmjeren je u prvom redu na tokove a manje na neku statičnu okolinu. Formulirani uvjeti 1, 2 i 3 vrijede zbog toga u datoj formi samo za vremenski promjenljive prezentacije, za film, kazališta, recitacije, muziku i sl., pa i za neklasične umjetničke oblike, kao na primjer za pokretnu grafiku onako kako se ona dobiva usmjeravanjem katodnog oscilografa kroz estetske programe aktiviranjem kompjutera.

Metode koje se primjenjuju kod izgradnje optimalno perceptivnih podražajnih uzoraka moraju voditi računa i o tome da svaki prijenos informacije inducira procese učenja. To znači da se repertoar znakova onog koji uči, dakle njegovo znanje, proširuje za vrijeme prezentacije. Tako na primjer kod nekog muzičkog djela zadržavamo zvukove, fraze, teme kao cjeline u pamćenju, tako da se iz njih postepeno izgrađuju više cjeline, čime se slušaocu olakšava pregled, dakle njegovom informacijskom kapacitetu odgovarajuće kodiranje. Prema H. Franku ukupni informacijski kapacitet svijesti iznosi 160 bit/a. Ta je vrijednost izvedena iz činjenice da je u svijest pristigla informacija od 16 bit/a u njoj prisutna oko deset sekundi.

Za procese učenja kao i za prenošenje estetičkih informacijskih uzoraka mjerodavna je nadalje informacijsko-teoretska spoznaja da se samo oko 0,7 bit/a može iz svijesti prevesti u pamćenje. Ako se zapamćena materija vraća onda to opterećuje prilivni kapacitet svijesti jednako kao i informacija koju osjetila dovode iz periferije. To znači: ako se kod neke prezentacije zahvaća natrag u prije dane sadržaje — tako, na primjer, kod ponavljanja i varijacija — onda se prilivni kapacitet ne smije opteretiti do svoga punog kapaciteta informacijama koje pritječu izvana.

Možemo očekivati da će ka spomenutim uvjetima tokova pri istraživanju procesa učenja — prije svega u programiranoj nastavi — pridoći još i drugi. Tako je možda, na primjer, između svijesti i trajnog pamćenja umetnuto još jedno spremište za srednja vremena čuvanja, čiji informacijski

Stelle ihrer Aufgaben dürfte die Durchdringung historischer Kunstmanifestationen stehen. Die breitesten praktischen Auswirkungen dürften die Ergebnisse der ästhetischen Untersuchungen in nicht künstlerischen finanz- oder machtorientierten Bereichen haben — jenen der Erziehung, Propaganda, Unterhaltung; diese ihre Aspekte bedürfen von Anfang an kritischer Aufmerksamkeit.

7

Das Perzeptionssystem des Menschen ist vor allem auf Abläufe und weniger auf eine statische Umgebung eingestellt. Die formulierten Bedingungen 1, 2 und 3 gelten daher in der gegebenen Form nur für zeitlich veränderliche Präsentationen — für Film, Theater, Rezitation, Musik u. dgl., oder auch für nichtklassische Kunstformen, etwa für bewegte Grafik, wie man sie durch die Steuerung eines Kathodenstrahloszillografen durch ästhetische Programme über einen Computer erhält.

Die Methoden, die beim Aufbau optimal perzipierbarer Reizmuster angewandt werden, haben auch darauf Rücksicht zu nehmen, daß jede Informationsübermittlung Lernvorgänge induziert. Das heißt, daß sich das Zeichenrepertoire des Lernenden, also sein Wissen, während der Darbietung erweitert. Bei einem Musikstück beispielsweise behält man Klänge, Phrasen, Themen als Einheiten in Erinnerung, so daß aus diesem allmählich höhere Einheiten aufgebaut werden, wodurch dem Zuhörer der Überblick — die seiner Informationskapazität entsprechende Codierung — erleichtert wird. Nach H. Frank beträgt die gesamte Informationskapazität des Bewußtseins 160 bit. Dieser Wert ist aus der Tatsache abgeleitet, daß die im Bewußtsein ankommende Information von 16 bit/s etwa zehn Sekunden lang gegenwärtig ist.

Für Lernvorgänge wie auch für die Übermittlung ästhetischer Informationsmuster ist weiter die informationstheoretische Erkenntnis maßgebend, daß nur etwa 0,7 bit/s vom Bewußtsein ins Gedächtnis geleitet werden können. Wird Gedächtnisstoff zurückgeholt, so beansprucht das die Zuflußkapazität des Bewußtseins ebenso wie Sinnesorgane aus der Peripherie zugeführte Information. Das heißt: Wird bei einer Darbietung auf früher gegebene Inhalte zurückgegriffen — beispielsweise bei Wiederholungen oder Variationen — so darf die Zuflußkapazität durch die von außen zufließende Information nicht voll ausgelastet werden.

Es ist zu erwarten, daß zu den genannten Kanalbedingungen im Laufe der Erforschung von Lernvorgängen — vor allem im Zuge des programmierten Unterrichts — noch weitere hinzukommen. So dürfte beispielsweise zwischen das Bewußtsein und das Dauergedächtnis noch ein Speicher für

indeksi još nisu poznati. Informacijsko-teoretske osnovice nisu prema tome dovoljne da bi se programi determinirali. Svaki pokušaj kompjuterske umjetnosti treba zato u isti mah shvatiti kao eksperiment koji može dovesti do toga da se upotpuni naše znanje o percepciji.

8

Da bi se definicija lijepog mogla primijeniti i na statične objekte, mora se uvjet 2.2. preformulirati:
2.2' Informacijski uvjet za statične uzorke

> Ostatak informacije koji se ne može reducirati ne smije prekoračiti 160 bit/a.

Podražajni uzorak koji se ne može reducirati na 160 bit/a nije pregledan; to znači da percepcijski proces ne dovodi do zadovoljavajućeg završetka. Naravno, percepcijskom sistemu stoje različite mogućnosti na raspolaganju, da bi se sadržajno bogati kompleksni utisci mogli preraditi. Zbivanja s kojima se pri tom susrećemo, spoznajne procese, treba promatrati iz aspekta općih zadataka pri rješavanju problema. Ako redukcija na 160 bit/a ne uspije pomoću naprijed pripremljenih pojmova — postupak redanja kod kojeg se ne upotrebljavaju samo podudarnosti, konformisti, nego i sličnosti — onda je sistem ljudskog mozga sposoban da stvara nove pojmove a time pronalazi nove putove za rješavanje problema — putove orijentiranog pregleda nad informacijama koje se pružaju u obliku uzorka.

Strateške metode koje se pri tom primjenjuju istraživali su u posljednje vrijeme F. Klix i K. Steinbuch. Rezultati o načinu kako se čovjek ponaša kod orijentiranog obuhvaćanja kompleksnih informacionih uzoraka pružaju novu osnovicu za umjetničko-produktivna nastojanja. Iz njih možemo crpsti upute kako se mogu izgraditi estetski uzorci ako s jedne strane žele iscrpsti pun kapacitet preradbenog sistema (uvjet 3), a s druge strane — ako treba da dovedu do uspješnog završetka (uvjet 2.2.). Time ponovo dolazi do stimuliranja procesa učenja; treba pri tom spomenuti da se ne nauče načini ponašanja za rješavanje pojedinačnih zadataka, već oni za rješavanje vrste zadataka. Iz toga proizlazi izvanredno značajna konzekvencija: ono što se prilikom percepcije umjetničkih djela — koja su izazovi za sposobnost spoznaje — nauči, to se može ponovo primijeniti u drugim od umjetnosti udaljenim situacijama u svrhu orijentacionog obuhvaćanja. Percepcija nekog umjetničkog djela od strane promatrača, koji tako mnogo aktivnije sudjeluje nego što se to dosad mislilo, u isti mah je i trening neupotrebljavanih inteligencijskih sposobnosti u smislu situacije igre, spremanje na zahtjeve praktičnog života. Time se potvrđuje društvena

mittlere Aufbewahungszeiten zwischengeschaltet sein, dessen informationelle Kenngrößen noch nicht bekannt sind. Die informationstheoretischen Grundlagen reichen also bisher für eine Determinierung der Programme noch nicht aus. Jeder Versuch der Computerkunst ist somit zugleich als Experiment aufzufassen, das zur Vervollständigung unseres Wissens über die Wahrnehmung führen kann.

8

Um die Definition des Schönen auch auf statische Objekte anwenden können, muß die Bedingung 2. 2 umformuliert werden: 2.2' Informationsbedingung für statische Muster.

> Der nicht reduzierbare Rest der Information darf 160 bit nicht überschreiten.

Ein Reizmuster, das nicht auf 160 bit reduzierbar ist, ist nicht überschaubar; das heißt, der Wahrnehmungsvorgang führt nicht zum befriedigenden Abschluß. Allerdings stehen dem Perzeptionssystem verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, um auch inhaltsreiche, komplexe Eindrücke zu verarbeiten. Die Vorgänge, die dabei anlaufen, kognitive Prozesse, sind aus der Sicht allgemeiner Aufgaben des Problemlösens zu sehen. Gelingt die Reduktion auf 160 bit nicht mit Hilfe bereits vorgespeicherter Begriffe — ein Ordnungsvorgang, bei dem nicht nur Übereinstimmungen, sondern auch Ähnlichkeiten benutzt werden —, so ist das System des menschlichen Gehirns imstande, neue Begriffe zu bilden und somit neue Wege der Problemlösung — der orienterenden Übersicht über das gebotene Informationsmuster — zu gehen.

Die strategischen Methoden, die dabei zur Anwendung kommen, wurden in letzter Zeit durch F. Klix und K. Steinbuch genauer untersucht. Die Ergebnisse über die Art und Weise, wie sich der Mensch bei der orientierenden Durchdringung komplexer Informationsmuster verhält, bilden eine neue Basis für künstlerisch-produktive Bemühungen. Aus ihnen sind Anleitungen zu entnehmen, wie ästhetische Muster aufgebaut werden können, wenn sie einerseits die volle Kapazität der verarbeitenden Systems ausschöpfen sollen (Bedingung 3), anderseits aber schließlich doch zum gelungenen Abschlus führen sollen (Bedingung 2.2). Somit kommt es auch hier wieder zur Anregung von Lernvorgängen; bemerkenswerterweise werden dabei nicht Verhaltensweisen zur Lösung singulärer Aufgaben, sondern solche zur Lösung von Aufgabenklassen gelernt. Daraus ergibt sich eine außerordentlich wichtige Konsequenz: Das, was bei der Aufnahme von Kunstwerken — die Herausforderungen für die Fähigkeit des Erkennens sind — gelernt wird, läßt sich in völlig anderen, auch kunstfernen Situationen zur orienterenden Durchdringung wieder verwenden. Die Aufnahme eines Kunstwerks durch den Betrachter, der sich somit weitaus

vrijednost one vrste umjetničke kreacije o kojoj smo u uvodu govorili, a koja ne smjera na l' art pour l'art, već se svjesno obraća publici.
Taj rezultat koji dotiče socijalna pitanja ne ostaje bez utjecaja na buduća praktična nastojanja kompjuterske umjetnosti. Taj rezultat ne pokazuje samo gdje se ocrtavaju budući smjerovi novog stvaralaštva, već i pomaže pri tom da se iz mnogih putova koji se ukazuju odaberu oni koje ima smisla slijediti svim sredstvima teorije informacija i automatske tehnike.

aktiver beteiligt, als man bisher angenommen hat, ist also ein Training oft brachliegender Intelligenzfähigkeiten im Sinn einer Spielsituation, eine Vorbereitung auf Belange des praktischen Lebens. Damit bestätigt sich die eingangs behauptete soziale Wertigkeit jener Art der Kunstkreation, die nicht l'art pour l'art betreibt, sondern sich bewußt an ein Publikum wendet.
Dieses an soziale Fragen rührende Resultat bleibt nicht ohne Auswirkungen auf die künftigen praktischen Bemühungen der Computerkunst. Es zeigt nicht nur, wo sich neue Richtungen künftiger Kreation abzeichnen, sondern es hilft auch dabei, aus den sich vielfältig abzeichnenden Wegen jene auszusuchen, deren systematische Verfolgung mit allen Mitteln der Informationstheorie und der Automatentechnik sinnvoll erscheint.

literatura

literatur

M. BENSE
Aethetica (4, vol.), Agis Verlag, Stuttgart-Krefeld-Baden-Baden 1954—1960

H. FRANK
Grundlagenprobleme der Informationsästhetik and erste Anwendung auf die mime pure; Dissertation, Technische Hochschule, Stuttgart, 1959

H. W. FRANKE
Phänomen Kunst, Moos Verlag, München, 1967

F. KLIX
Psychophysik kognitiver Prozesse, Vortrag, Kybernetik-Kongress, München 1968

A. MOLES
Théorie de l'information et perception esthétique, Flammarion, Paris, 1958

F. NAKE
Computer-Grafik, Exakte Äethetik 5, 1968, 5

K. STEINBUCH
Modellentwürfe für Erkennen und Problemlösen, Vortrag, Kybernetik-Kongress, München 1968.

Preveo: Josip Rittig

hiroshi kawano

estetika za kompjutersku umjetnost

hiroshi kawano

metropolitan college of air technology, tokyo

the aestetics for computer art

1. kompjuterska simulacija umjetničkog stvaralaštva

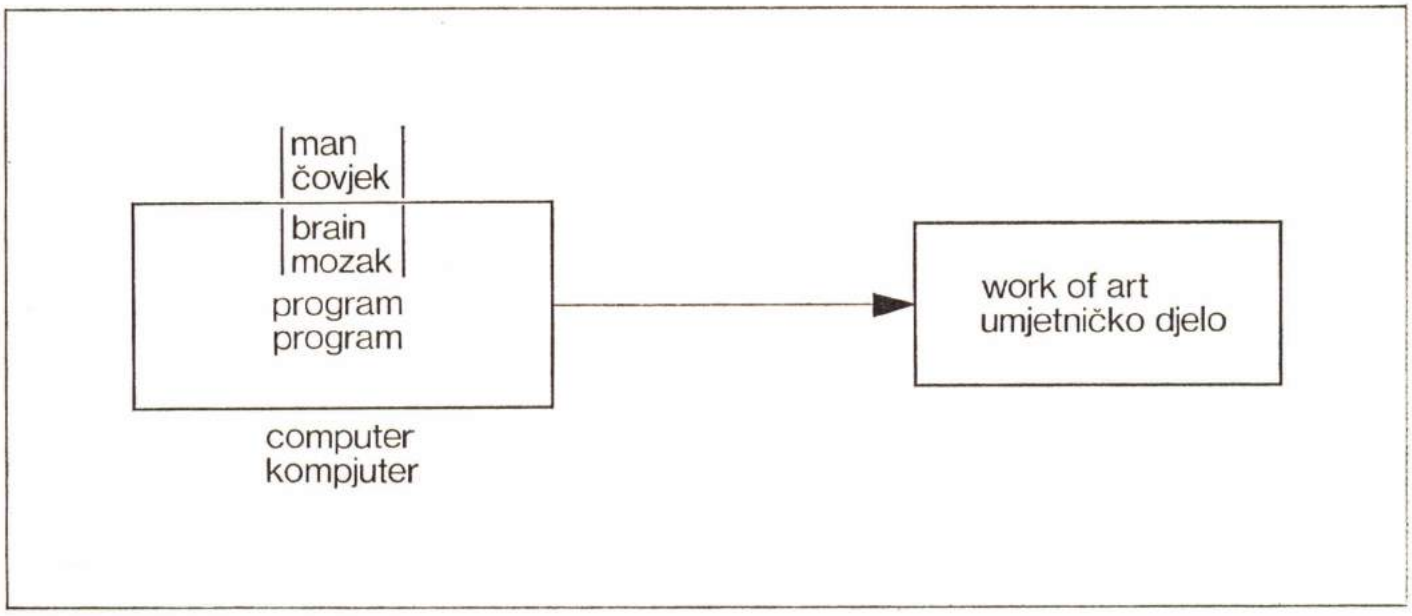
Od Hillerovih eksperimenata u muzici pomoću kompjutera (djelo: Suita Illiac), u Japanu se također pokušalo stvoriti niz eksperimentalnih umjetnosti pomoću kompjutera na polju muzike, literature i vizuelnih umjetnosti. Mislim da su ovi eksperimenti putem kompjutera korisni ne samo za praktičnu umjetničku aktivnost (ličnu ili društvenu), nego i za naučno tumačenje umjetnosti i za postavljanje logičke osnove estetike. Ovdje želim da se posebno osvrnem na ovaj drugi problem.

Što je kompjuterska umjetnost i kako kompjuter može stvarati umjetnička djela? Da bi mogao stvarati umjetnička djela kompjuter mora unaprijed u sebi sadržavati program o tome kako čovjek stvara svoja umjetnička djela. Prema instrukcijama programa, kompjuter može stvoriti umjetničko djelo na način kao i čovjek. (sl. 1)

1. computer simulation of artistic creation

Since Hiller's experiments of computer-aided music: Illiac Suites, many computer-aided experimental arts have been attempted at the field of music, literature, and visual art in Japan, too. I think, these experiments of computer-aided art are useful not only to practical artistic activity (personal or social), but also to the scientific explanation of art and the logical foundation of aesthetics. I want to consider here especially about the latter problem.

What is the computer-aided art and how can the computer produce works of art? To produce works of art, the computer must beforehand contain in it the program about how does man create his works of art. And by the instruction of this program, computer can produce artificially works of art in such a way as man (Fig. 1).



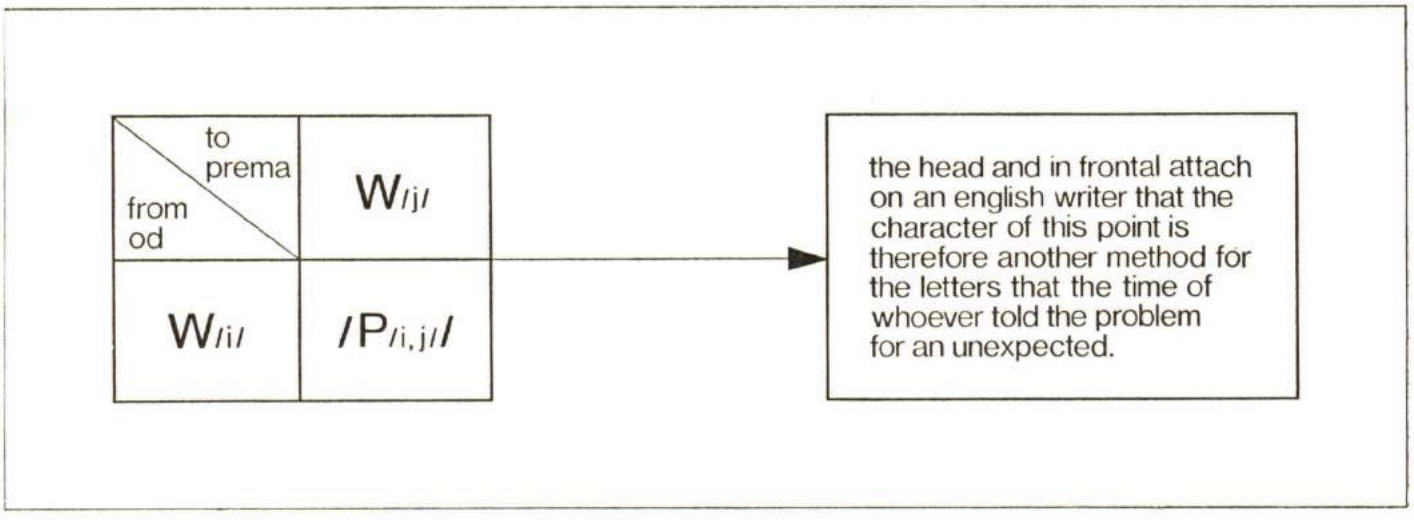
Sl. 1. Fig. 1.

Program se sastoji od niza rečenica koje formuliraju metodu ljudskog umjetničkog stvaranja pomoću matematički određenog jezika za kompjutere.
Umjetničko djelo je u prvom redu određena sintaktička kompozicija estetskih elemenata. Ta kompozicija je gramatika umjetničkog djela, a estetski su komponente koje služe za sastavljanje umjetničkog djela kao: slovo, riječ, izraz — u

The program is, therefore, composed with the set of statements which formulate the method of human artistic creation by computer-oriented language mathematically.
The work of art is first of all the construction of aesthetic elements by a certain syntactic composition. This composition is the grammar of work of art, and this aesthetic elements are components which is to compose into work of art, that is,

literaturi, ili tačke u boji (kao što je kod pointilizma, npr. slike Seurata) linija ili elementarni lik — u vizuelnoj umjetnosti. Ta gramatika i elementi simbola moraju se eksplicitno formulirati. Shannon je pokušao odrediti nekoliko vrsta jezičkih oponašanja (simulacija) s ovog stanovišta. Najprije je definirao rječnik riječi u engleskom (repertoar simbola), zatim je odredio matricu vjerojatnosti prenošenja opisujući odnose povezivanja N broja gramatičkih riječi u engleskom, a sve na osnovu analize standardnog engleskog jezika. Koristeći rječnik kao repertoar riječi i matricu vjerojatnosti prenošenja riječ-riječ, eksperimentirao je sa stvaranjem umjetne engleske rečenice uzimajući nasumce broj riječi. Ako uzmemo niz riječi W(i) (i=l, . . . n) i mogućnost prenošenja P (i, j) u kojima se W(i) povezuje sa W(j) nastat će umjetna engleska rečenica, kako je prikazano na slici 2.

letter, word, phrase or sentence in literature, and also color-point as shown in impressionistic pointillism (for example the picture of Seurat), line or elementary form in visual art. And these grammar and symbol element should be explicitly defined. Shannon attempted some language simulations from this point of view. He defined at first the dictionary of words in English (symbol repertoire), next he defined the transition probability matrix describing the connective relation of N-gram words in English by the analysis of ordinary English. Using this dictionary as word repertoire and the word-word transition probability matrix, he experimented the generation of artificial English sentence as random number of words. Now, if the set of words W(i) (i = 1, ... , n) and transition probability P(i, j), on which W(i) connects with W(j), are given, artificial sentences will be generated as follows (Fig. 2).



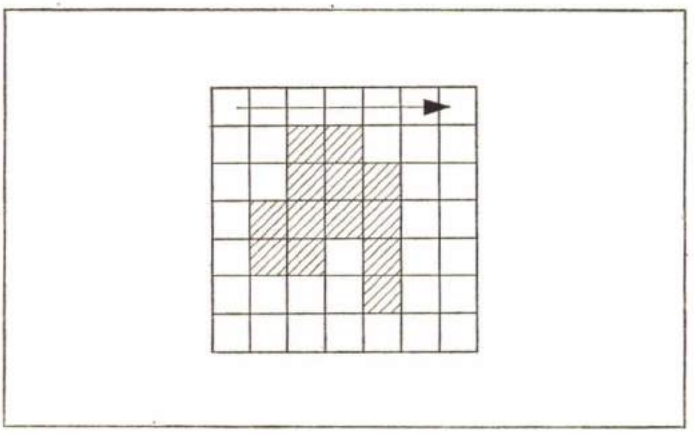
Sl. 2. Fig. 2.

Ova Shannonova metoda pomoću teorije Markovljevih procesa primijenjena je na području književnosti i muzike, i mnoga umjetnička djela pomoću kompjutera nastala su korištenjem ove metode. Prema ovom Shannonovom modelu Markovljevih procesa izveo sam nekoliko eksperimenata na području vizuelnih umjetnosti. Djelo vizuelne umjetnosti (slika) komponirano je od n × n elemenata dviju vrsta obojenih tačaka (crnih i bijelih) koje se zovu estetska količina. (sl. 3)

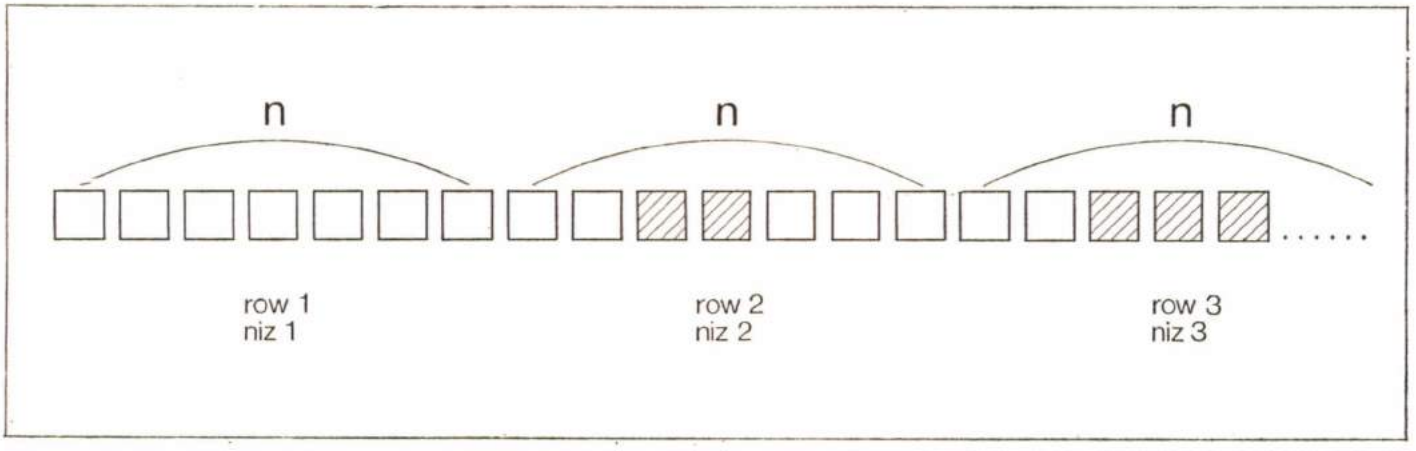
Ako naše oko oštro motri ovaj niz tačaka (kao na TV ekranu), ova će se slika reducirati na seriju estetskih količina, koje se neprestano uzastopce povezuju u n- perioda (sl. 4)

This Shannon's method by Markov-process theory has been applied to the field of literature and music and many computer-aided works of art have been experimentaly produced with this method. I have tried some computer-aided experiments of visual art according to this Shannon's Markov-process model. The work of visual art (picture) is composed with n×n meshes of two sorts of color-points, black and white (which are named anesthetic quantum) as shown at Fig. 3.

If our eye scans this picture row-wise (at Fig. 3) as TV-scanning, this picture will be reduced to series of aesthetic quanta connect in succession uncontinuously by n-period (Fig. 4).



Sl. 3. Fig. 3.



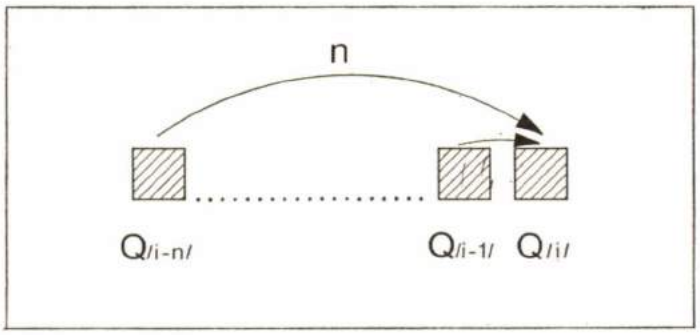
Sl. 4. Fig. 4.

Ova serija estetskih količina može se definirati kao Markovljev red koji određuje i informacioni karakter engleske rečenice. Dakle jedna količina Q(i-l) se nadovezuje na vjerojatnost prenošenja slijedeće količine Q(i). Osim toga jedna količina Q(i-n) također se nadovezuje na n količinu Q(i) koja dolazi nakon n-količina. Sl. 5)

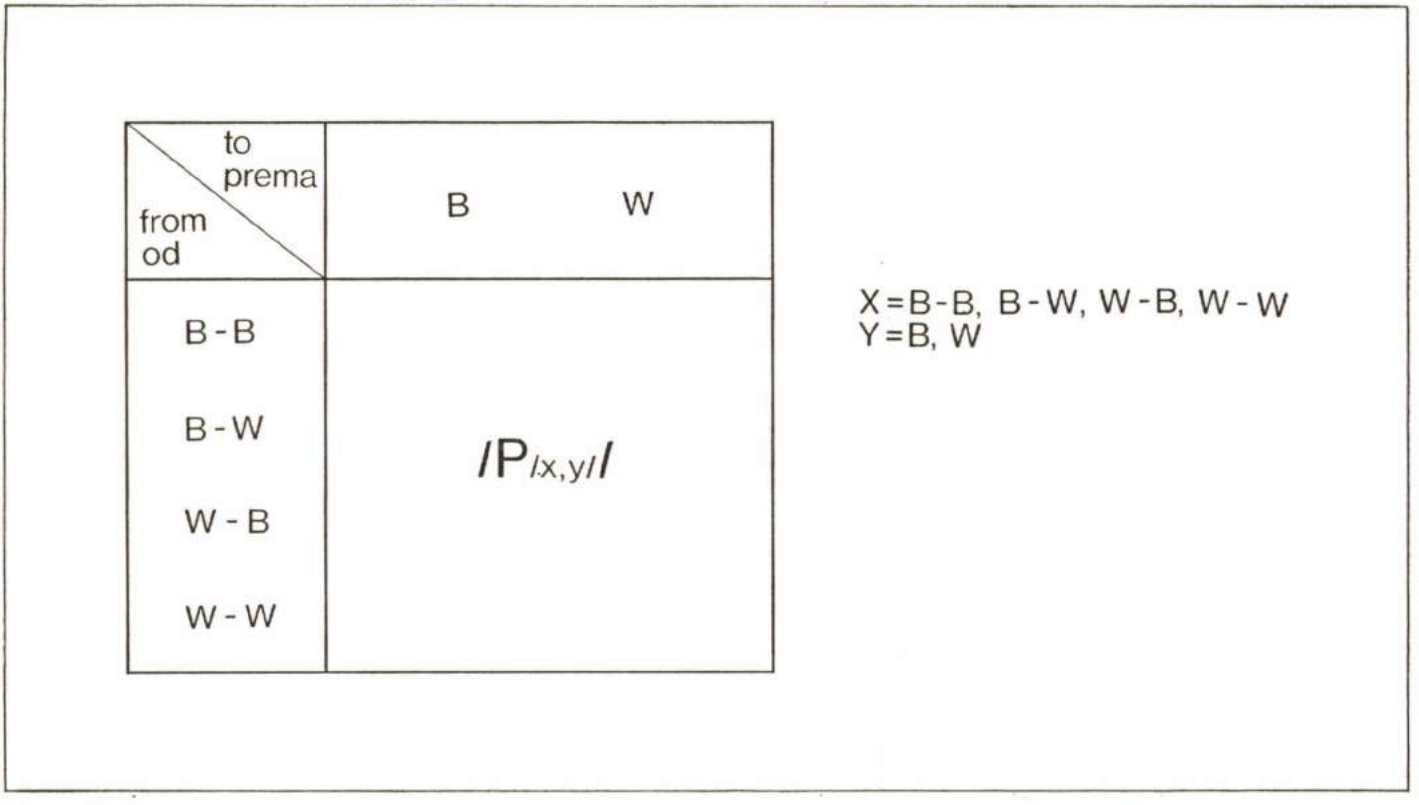
Ako se estetska količina Q sastoji od količine crnoga (B) i količine bijeloga (W) položaj kombinacija između Q(i-n) i Q(i-l) ima četiri mogućnosti: B-B, B-W, W-B, W-W. A vjerojatnost prenošenja [P(x, y)] od Q(i-n) — Q(i-l) na Q(i) može se prikazati kao matrica vjerojatnosti. (sl. 6)
Ako zatim uzmemo izvjestan niz brojeva nasumce sa matrice vjerojatnosti prenošenja pomoću metode Monte Carlo prema Shannonu i prevedemo ovaj niz brojeva u niz obojenih tačaka

This series of aesthetic quanta may be defined as Markov--chain which is also the informational character of English sentence, too. Therefore, one quantum Q(i-1) bind the transition probability of next quantum Q(i). Besides, one quantum Q(i-n) bind also the n-th quantum Q(i) which comes after n quanta (Fig. 5).

If aesthetic quantum Q is consisted of black quantum (B) and white quantum (W), the states of combination between Q(i-n) and Q(i-1) have four ways: B-B, B-W, W-B, W-W.
And this transition probability [P(x, y)] from Q(i-n) - - Q(i-1) to Q(i) can be given as a matrix shown at Fig. 6.
If after we generate a certain series of random numbers from this transition probability matrix by means of Monte-Carlo method according to Shannon and translate this series of



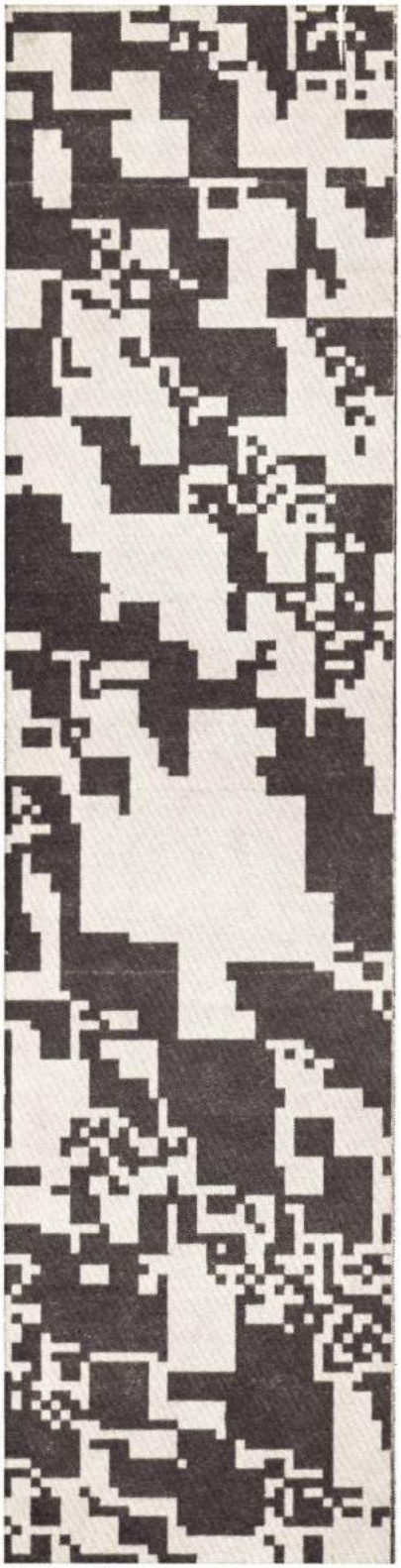
Sl. 5. Fig. 5.



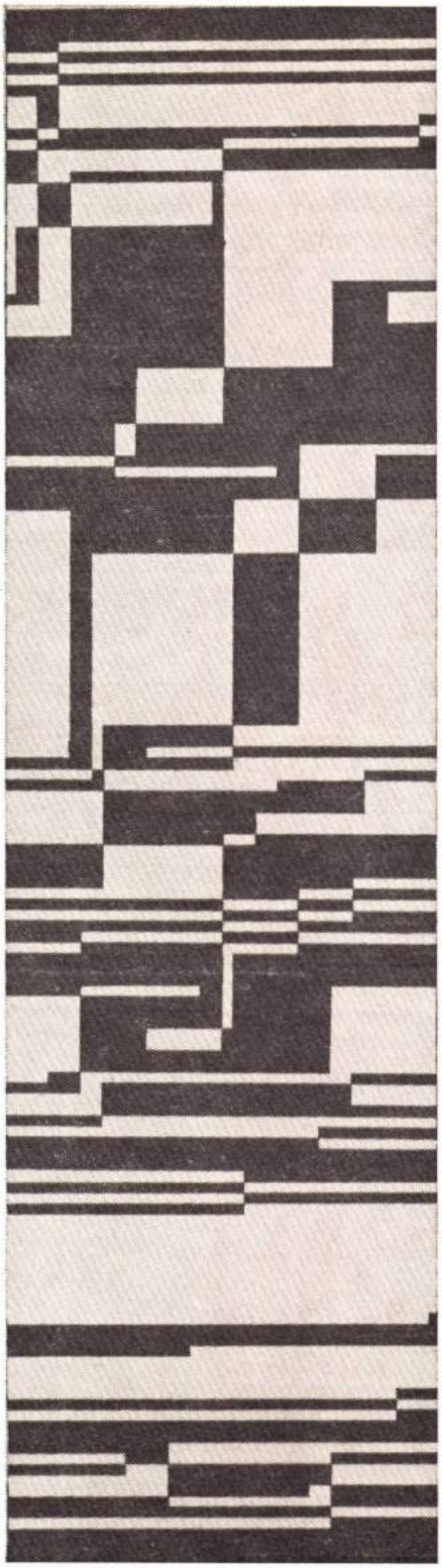
Sl. 6. Fig. 6.

s estetskim količinama B ili W, stavimo ih u format n x n pomoću repeticije n-perioda, nastat će karakteristična slika, kao na Sl. 3. Prikazujemo dva primjera umjetno dobivenih slika sa kompjutera tipa OKITAC 5090 (sl. 7 i sl. 8).

random numbers into the series of color-points composed with aesthetic quanta B or W, we put them in n × n format scanning by repetition with n-period, such a characteristic picture as Fig. 3 will be performed. Here are exhibited two examples of some artifical pictures which computer OKITAC 5090 mechanically produced (Plate 7 and Plate 8).



Sl. 7. Fig. 7.



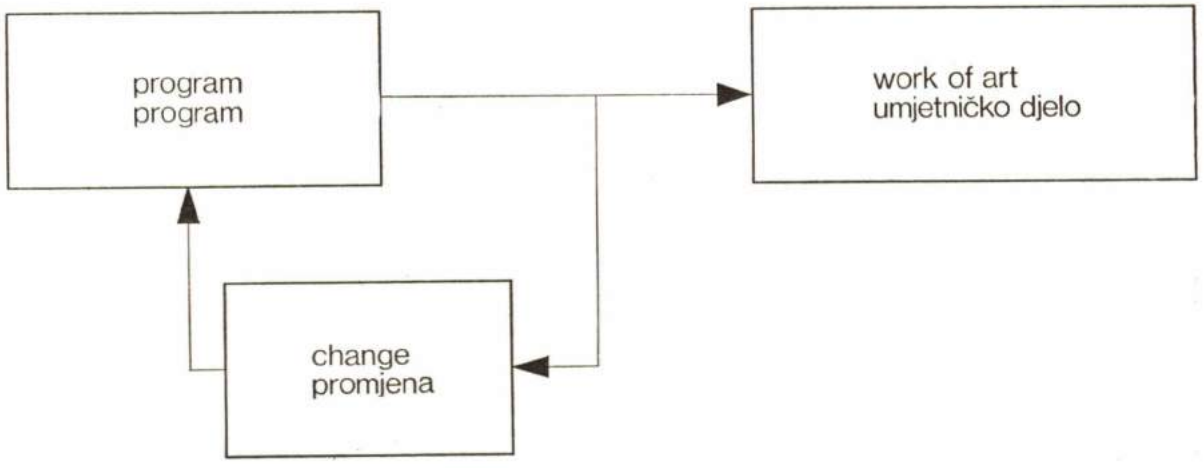
Sl. 8. Fig. 8.

2. logičke osebine mehaničkog stvaranja umjetnosti

Moja eksperimentalna metoda u vizuelnoj umjetnosti pomoću kompjutera, nikad nije imala karakter opservacije empirijskih činjenica i induktivne apstrakcije općih pravila umjetnosti. Da bi sliku stvorio empirijski, kompjuter treba da sadrži program *a priori* u kojem je formulirana metoda umjetnosti. U toku i nakon eksperimenta nije nam poznato pravilo o estetskom iskustvu, ali *prije* samog eksperimenta mi moramo *prethodno znati* neko pravilo o umjetnosti bez obzira na stečeno estetsko iskustvo. Program stvaranja umjetnosti upravo je taj predspoznajni zakon u umjetnosti tj. algoritam o umjetničkom stvaranju. Ovaj zakon (pravilo) izgleda da je više logički nego empirijski, jer je on a priori predspoznajni. Stoga je programski sistem za kompjutere neka vrsta pravila o transformaciji u geometriji ili logici. Ovaj aksiomski sistem programa sastoji se iz dva dijela: 1. iz elemenata kao što su estetske količine ili abeceda slova itd, koji se smatraju aksiomima koji u sebi nose estetske sadržaje slike i 2. iz zakona vjerojatnosti sintetičke povezanosti između N broja gramatičkih elemenata, koji se uzima kao pravilo za transformiranje. Iz ovog aksiomatskog sistema a priori se stvaraju izvjesne artificijelne slike, deduktivno kao teoremi. U ovakvim eksperimentima možemo proučavati neke aksiomske sisteme i modele različitih teorema koji odavde proizlaze. Ako proizvedene slike ništa ne znače u ljudskom smislu, možemo smatrati da je program kao aksiomski sistem još uvijek nepotpun. Promjenom samog programa tj. promjenom karakterističnih elemenata (aksioma) i sintaktičke konstrukcije na principu Markovljevih procesa tj. načina kombinacije estetskih količina (zakon o transformaciji), mi ćemo moći uvijek iznova ponavljati eksperimente simulacije umjetničkog stvaranja, (Sl. 9.)

2. logical character of mechanical art generation

My experimental method of computer-aided visual art (picture) have never such a character as the observation of empirical facts and the inductive abstraction of general law of art from there. To produce a picture empirically, the computer needs to contain the program *a priori* which formulates the method of art. In and after this experiment we may not recognize the law about aesthetic experience, but *before* this experiment we must already *pre-cognize* a certain law about art without any accomplished aesthetic experience. The art-generative program is just this pre-cognized law of art, that is, the algorithme about artistic creation. This law seems to be rather logical than empirical because it is pre-cognized a priori. The program-system of computer is, therefore, a sort of axiom and transformation-rule in geometry or logic. This axiomatic system of program is consisted of two parts: (1) the elements such as aesthetic quanta or alphabet letters etc., which are taken as axioms carrying the aesthetic universe of picture and (2) the probabilistic law of syntactic connection between N-gram elements, which is taken as transformation-rule. From this axiomatic system a priori generate certain artificial pictures as theorems deductively. In these experiments, we can study some axiomatic systems and the patterns of various theorems deduced from there. If the out-put pictures are not meaningful humanly, we may think that the program as axiomatic system is still incomplete. And changing the former program as to the character of element (axiom), and the syntactic construction of Markov-chain, that is, the way of combination among aesthetic quanta (transformation-rule), we will try to experiment the same art generative simulation again and again (Fig. 9).



Sl. 9. Fig. 9.

Ponavljanjem procesa eksperimentiranja, sistem programa se poboljšava i postepeno kompletira, a nastala umjetnička djela postaju sličnija ljudskim tvorevinama. Sa stanovišta ovog eksperimentalnog simuliranja umjetnosti, program, kao aksiom, u početku ima hipotetski karakter, ali svoj sistematski karakter opće zakonitosti učvršćuje eksperimentalnom verifikacijom. Proces eksperimenta kao što je ovaj može također biti i deduktivan. Kompjuterski eksperimenat u umjetnosti ima logički karakter koji ga razlikuje od običnih znanstvenih empirijskih eksperimenata, koji uglavnom ovise o opservaciji i indukciji.

By the repetition of this experimental process, the system of this program becomes refined and complete by and by, and the generated works of art become similar to human picture gradually. From the viewpoint of this experimental simulation, the program as axiom has at first hypothetical character but strengthen its systematic character of general law after some revisions by experimental verification. The process of experiment like this may be just deductive one. Computer-aided experiment of art, therefore, has a logical character, distinguished from usual experiments of empirical science whose methods depend upon observation and induction

3. novo stanovište o eksperimentalnoj estetici

Sve do sada u eksperimentalnoj estetici pokušavalo se ustanoviti empirijske zakone na osnovu pojavnih činjenica, slično kao i kod ostalih empirijskih znanosti. Fechner, osnivač empirijske psihologije zalagao se za induktivnu estetiku, čiji zadatak je bio empirijsko pronalaženje općeg zakona estetskog iskustva. Ali takav empirijski zakon izgleda da bi bio malen dio svih empirijskih činjenica ili samo djelomična kopija fenomena te ne bi imao logički ili ekzaktni karakter. Takova empirijska estetika ne bi nikad mogla imati čvrst i harmoničan sistem formalne nauke, već bi bila ograničena na skup mnogih empirijskih fakata i njihovu klasifikaciju i sređivanje metodom pokušaja i pogrešaka.
Smatram da upravo ovaj nedostatak *induktivne* metode koja danas još dominira, priječi razvitak znanstvene estetike, koja mora zamijeniti tradicionalnu idealističku estetiku. Upravo je logička aksiomska metoda najpotrebnija u modernoj naučnoj estetici. Nova eksperimentalna estetika prije svega bi trebala definirati estetski univerzum umjetničkog djela. Aksiomski sistem može eksplicitno formulirati taj estetski univerzum. Definicija esteskog aksiomskog sistema određena je sa dva faktora:

(1) repertoarom simbola (rječnik)

(2) zakonom o transformaciji kombinacije simbola (gramatika)

Moja eksperimentalna umjetnička djela (slike) dobivena su deduktivno iz apstraktnog izvora informacija pomoću čistog aksiomskog sistema (kao pretpostavke). A istraživanje estetski potpunog aksiomskog sistema a priori pomoću kojeg kompjuter može stvarati čovjeku razumljiva umjetnička djela, treba da postane pravi zadatak naše nove eksperimentalne estetike. U tom smislu nova eksperimentalna estetika trebala bi imati karakter formalne nauke kao što je logika i matematika. Ako je tako, nema potrebe da sakupljamo i istražujemo mnoge podatke *ljudskog* estetskog iskustva. Mi

3. the new standpoint of experimental aesthetics

Until now, the experimental aesthetics has tried to catch an empirical law from phenomenal fact, like other empirical science. Fechner, the founder of empirical psychology, advocated the aesthetics *from below*, whose task is to find the general law of aesthetic experience empirically. But such an empirical law seems to be a small part of total empirical fact or a partial copy of phenomenon, and so not to have a logical or exact character. Such an empirical aesthetics, therefore, will not be able to have the consistent and harmonious system of formal science for ever, but is limited to be only a collection of many empirical facts and its classification or arrangement by trial and error. I think, just this defect of the method *from below* dominating upon today's empirical aesthetics hinders the development of scientific aesthetics, with which traditional idealistic aesthetics ought to be replaced now. Just the logical axiomatic method is most neccessary for modern scientific aesthetics. This new experimental aesthetics, first of all, should define the aesthetic universe of work of art. And just the axiomatic system can formulate this aesthetic universe explicitly. The definition of this aesthetic axiomatic system is given by two items as follows:

(1) symbol repertoire (dictionary)

(2) transformation-rule of symbol combination (grammar)

My experimental works of art (pictures) was deduced from abstract information-sourse with this pure axiomatic system (as hypothesis). And the research of aesthetically complete axiomatic system a priori, on which computer can produce humanly meaningful works of art, ought to become the proper task of our new experimental aesthetics. In this sense, the new experimental aesthetics should have the character of formal science as logic and other mathematical science. If so, we have no neccessity to collect and investigate many data of aesthetic experience *from man*. We may build some abstract fictious

možemo konstruirati neke *fiktivne apstraktne modele* umjetničkog stvaranja i prikazati ih mehanički pomoću kompjutera. Ova apstraktna estetika bez estetskog iskustva i čovjeka koji ga proživljava upravo je ono što će ubuduće biti cilj nove eksperimentalne estetike.

Nedavno se u lingvistici pojavila Chomskyeva teorija stvaralačke gramatike koja se osniva na modelu strukture rečenice. Mislim da je ovaj teoretski model relevantniji i prikladniji za opisivanje i stvaranje aksiomskog sistema estetskog univerzuma nego što je to Shannonov model određenog stanja Markovljevog procesa.

Danas estetika ne smije biti metafizika već nauka. Ukoliko nova estetika dedukcijom može lišiti staru, ali sistematski građenu metafiziku njenih logičkih metoda, (jer je jedino metafizika na njih imala monopol), nova eksperimentalna estetika zauzet će dominantan položaj prema tradicionalnoj estetici. Eksperimentalna estetika morala bi odbaciti staro ruho sa *stare* induktivne eksperimentalne estetike, kako bi sama dobila karakter sistematske znanosti. To znači da se empirijska znanost ne bi smjela odvajati od logičke. Tako bi eksperimentalna fizika morala imati metodološki karakter logičke znanosti da postane egzaktna znanost u pravom smislu riječi.

models of artistic creation *on paper by thinking* and represent them mechanically by computer. This abstract aesthetics without aesthetic experiences and man experiencing them, is just what new experimental aesthetics will aim at hereafter.

Recently Chomsky's theory of generative grammar using phrasestructure model in linguistics has appeared before the footlights. I think, this theoretical model is more relevant and convenient to describe and build the axiomatic system of aesthetic universe than Shannon's finite state Markov-process model. Today, aesthetics needs not to be a metaphysics but a science. If our aesthetics can deprive old but systematically beautiful methaphysics of the logical method *from above* which only metaphysics has monopolized till now, this new experimental aesthetics will take a hegemony among the traditional aesthetics in the world. The experimental aesthetics should cast off the old skin of old so-called experimental aesthetics *from below*, in order to succeed in obtaining a systematic character of science. That is, empirical science should not be separated from logical science. So that experimental aesthetics should have the same methodlogical character as logical science in order to be a exact science in proper sense.

Prevela: Dubravka Kritovac

georg nees

kompjuterska grafika i vizuelna kompleksnost

georg nees
zef/rechenzentrum, siemens a. g., erlangen

computergraphik und visuelle komplexität

uvod

Nije lako naći tumačenje, zašto je vizualni svijet doživljavanja toliko obogaćen kompleksnošću. Ta ne leži problem u tome, da osjetila prerađuju začuđujuću množinu pojedinosti, jer među mnogim slikovnim elementima može jedan — mali propust u kamuflaži neprijatelja, vidljivi komadić krzna životinje koja će postati plijenom — djelovati spasonosno po život. Zašto, međutim, svjesni doživljaj gledanja sadržava osim semantične, za održavanje gledajućeg stvora neposredno značajne informacije, još više, zapravo luksuzno izobilje oblikovanja? Činjenica da je u vidnom polju uvijek više toga spremljeno, nego je u trenutku potrebno, vjerojatno spada u evolucioni proces sposobnosti gledanja.

U velikom dijelu čovjekove okoline danas se rijetko pojavljuje informacija, koja izaziva mjere za održavanje egzistencije. Kad netko u Srednjoj Evropi spokojno prolazi šumom, onda se u granju ne skriva neka opasna mačka. Šaroliki uzorak granja i lišća nije informacija koja smeta, koja skriva neophodni signal, nego on izaziva kontemplaciju promatrača. Motivacija se je dakle promijenila: ono što je isprva sa teoretskog stanovišta bio šum, koji smeta, postaje sada interesantna informacija. Dok se ono neposredno značajno često priopćuje malobrojnim i jednostavno građenim znakovima (munje, koje najavljuju oluju, boje na semaforu), dotle kompliciranost onog dijela informacije koji »ne sadrži signal upozorenja«, tvori zalihu kompleksnih oblika, koja očito predstavlja jednu od predpostavki za razvijanje umjetnosti i znanosti. Možda oblici onog drugog dijela informacije zato moraju biti prisutni u svijesti, jer inače ne mogu djelovati na unapređenje evolucije.

Zadnjih godina postaje kompleksnost — kompleksna informacija — sve više fenomen osobite samostalnosti. Tomu je pridonio razvitak mnogih područja: matematska logika i apstraktna matematika, apstraktno slikarstvo, teorija simbola, teorija oblikovanja (teorija »Gestalta«), morfologija, strukturalistička teorija jezika, teorija informacija i konačno gradnja kompliciranih strojeva, osobito elektronskog računala (kompjutera), pri čemu je ova naprava sa svoje strane uvjetovala razvitak teorije programiranja. Ako se danas govori o nekom kompleksnom predmetu, koji je važan za neko određeno područje znanja, nastoji se govor upotpuniti ukazivanjem na model predmeta o kojem je riječ, pri tome je

einleitung

Eine Erklärung dafür zu finden, warum die visuelle Erlebniswelt so stark mit Komplexität angereichert ist, fällt nicht leicht. Das Problem liegt ja nict darin, daß die Sinnesorgane so erstaunlich viele Einzelheiten verarbeiten, denn unter unzähligen Bildelementen kann eines — die winzige Lücke in der Tarnung des Feindes, ein sichtbar werdendes Stückchen Fell des Beutetieres — lebenserhaltend wirken. Warum enthält das bewußte Seherleben jedoch außer der semantischen, der für den Fortbestand des sehenden Wesens unmittelbar bedeutungsvollen Information noch mehr, nämlich einen luxuriösen Überfluß an Gestaltung? Wahrscheinlich gehört zum Evolutionsprozeß des Sehvermögens, daß immer mehr im Sehfeld bereit liegt, als sofort gebraucht wird.

In einem großen Teil der Umwelt des Menschen entsteht heute nur selten Information, die Notmaßnahmen zum Zweck der Existenzerhaltung auslöst. Wenn jemand in Mitteleuropa geruhsam durch den Wald geht, dann verbirgt sich keine gefährliche Raubkatze im Geäst. Das vielfältige Muster der Zweige und Blätter ist keine Störinformation, die ein unentbehrliches Signal verdeckt, sondern es trägtt zur Kontemplation des Betrachters bei. Die Motivation hat also gewechselt: Was vom nachrichtentheoretischen Standpunkt aus betrachtet vorher störendes Rauschen war, ist jetzt interessante Information. Während sich nun das unmittelbar Bedeutsame oft durch wenige und einfach gebaute Zeichen mitteilt (Blitze, die ein Gewitter ankündigen, die Farbe der Verkehrsampel), bildet die Verwickeltheit des »warnsignalfreien« Informationsanteils einen Vorrat von komplexen Formen, der offenbar eine der Voraussetzungen für die Entfaltung von Kunst und Wissenschaft darstellt. Vielleicht müssen die Formen jenes zweiten Informationsanteils deshalb im Bewußtsein anwesend sein, weil sie andernfalls nicht evolutionsfördernd wirken können.

In den letzten Jahren wird Komplexität — komplexe Information — immer mehr als ein Phänomen besonderer Selbständigkeit bewußt. Dazu hat die Entwicklung vieler Gebiete beigetragen: Mathematische Logik und abstrakte Mathematik, abstrakte Malerei, Symboltheorie, Gestalttheorie, Morphologie, strukturalistische Sprachtheorie, Informationstheorie, schließlich der Bau komplizierter Maschinen, insbesondere der elektronischen Rechenmaschine, wobei dieses Gerät dann wieder die Entwicklung der Programmiertheorie auslöste. Spricht man heute über ein komplexes Gebilde, das für ein bestimmtes Wissensgebiet wichtig ist, so versucht man das Sprechen durch Hinzeigen

model sistem nedjeljivih osnovnih elemenata koji su međusobno povezani. Budući da osnovni elementi zastupaju određene elementarne izjave, na primjer izjavu, da tačno na ovom mjestu modela neke gramatičke rečenice može stajati imenica, to temeljne izjave same po sebi nisu ništa drugo nego znakovi, a cijeli model je znak kompleksa. Za postavljanje i vizualizaciju modela, čiji stupanj komplesnosti može odgovarati prisutnosti od deset do stotinu tisuća elemenata, upotrebljava se opet elektronski računski stroj (kompjuter).

Kada se u okviru neke znanosti uspostavlja model, tada je informacija koja se ugrađuje u taj model, značajna za tu znanost. Znanstveno značajna informacija može se sa neposredno korisnom informacijom, u koju spada i naprijed obrađena informacija sa signalom upozorenja, spojiti u »semantičku informaciju«. Semantičkoj informaciji komplementarna je, za sada još beznačajna, premda većim dijelom izvanredno kompleksna »preostala informacija« (Restinformation), koja je dio informacije bez signala upozorenja. Znanost o ovoj »preostaloj informaciji« bila bi tada nesvrhovita nauka o percepciji. Ako riječ »estetika« shvatimo u njenom prvobitnom značenju, u kojem ona označuje čistu nauku o zapažanju, onda je estetika znanost o nesemantičkoj informaciji. Upravo to je stanovište informacione estetike, koja počinje imenima Max Bense[1]), Abraham A. Moles[2]) i Helmar Frank[3]). Informaciona estetika obuhvaća nauku o informaciji koja zrači sa umjetničkih djela, tj. ona sadrži novi oblik klasične estetike. Ovu informacionu estetiku obrazložio je u užem filozofskom smislu Max Bense[1]).

Rekli smo da modeli služe za prikazivanje kompleksnih, s vizualizacijom povezanih informacija iz nekog područja istraživanja. Ne bi li se i informaciona estetika mogla poslužiti određenim tehnikama modeliranja? Informacija koju bi ona trebala modelirati je estetska informacija, kakva se pojavljuje u prirodi i umjetnosti. No modelirati bi trebalo i procesnu ovisnost estetske informacije, a pri tome opet procese shvatiti kao vremenski ovisnu informaciju.

Jedna od tehnika modeliranja za informacionu estetiku je kompjuterska grafika[4]. Budući da vizualna kompleksnost estetske informacije može prelaziti analitičku i sintetizirajuću moć čovjeka opskrbljenog samo olovkom i papirom, dolazi

auf ein Modell des gemeinten Gebildes zu ergänzen, dabei ist das Modell regelmäßig eine Anordnung von nicht weiter zu zerlegenden Grundbausteinen mit gegenseitigen Beziehungen. Da die Grundbausteine gewisse Elementaraussagen vertreten, beispielsweise die Aussage, daß an genau dieser Stelle des Modells eines grammatikalischen Satzes ein Nomen stehen kann, sind die Grundaussagen selbst nichts anderes als Zeichen und das ganze Modell ist ein Komplexzeichen. Zur Aufstellung und Visualisation von Modellen, deren Komplexitätsgrad dem Vorhandensein von zehntausend bis hunderttausend Grundbausteinen entsprechen kann, benutzt man wiederum die elektronische Rechenmaschine.

Wird im Rahmen einer Wissenschaft ein Modell aufgestellt, so ist die Information, die man in das Modell einbaut, bedeutungsvoll für die betreffende Wissenschaft. Wissenschaftlich bedeutungsvolle Information kann mit unmittelbar nützlicher Information, wozu auch die oben behandelte Warninformation zählt, zur »semantischen Information« zusammengefaßt werden. Komplementär zur semantischen Information ist die zunächst bedeutungslose, wenn auch meistens höchst komplexe, Restinformation, die ein Teil der warnsignalfreien Information ist. Die Wissenschaft von dieser Restinformation wäre dann eine zweckfreie Wahrnehmungslehre. Versteht man nun das Wort »Ästhetik« im ursprünglichen Sinn, in dem es reine Wahrnehmungslehre bezeichnet, so ist folglich Ästhetik die Wissenschaft von der nichtsemantischen Information. Genau das ist der Standpunkt der Informationsästhetik, die mit den Namen Max Bense[1], Abraham A. Moles[2] und Helmar Frank[3] einsetzt. Die Informationsästhetik umgreift die Lehre von der von den Kunstwerken abgestrahlten Information, d. h. sie enthält eine Neufassung der klassischen Ästhetik. Max Bense hat diese Informationsästhetik im engeren Sinn philosophisch begründet.[1]

Modelle, so wurde gesagt, dienen zu der mit Visualisation verbundenen Darstellung von komplexer Information aus einem Forschungsbereich. Sollte nicht auch die Informationsästhetik sich gewisser Modellierungstechniken bedienen können? Die Information, die sie zu modellieren hätte, ist die ästhetische Information, wie sie in der Umwelt, in Natur und Kunst auftritt. Zu modellieren wäre jedoch auch die Prozeßhaftigkeit des Auftretens der ästhetischen Information, Prozesse dabei selbst wieder aufgefaßt als zeitbehaftete Information.

Eine Modellierungstechnik für die Informationsästhetik ist die Computergraphik.[4] Da die visuelle Komplexität ästhetischer Information die analytische und synthetisierende Kraft des nur mit Bleistift und Papier versehenen Menschen übersteigen

ovdje kompjuter kao naručen, čak šta više, on se pokazuje nenadoknadivim. U ovom članku bit će potkrijepljena tvrdnja, da se oko kompjutera može izgraditi estetski laboratorij u kojem se mogu proizvesti i proučavati modeli esteske informacije. Modelirajuća estetika nalazi se tek u začetku, pa se zato ovdje ne može ništa više učiniti, nego tumačenjem jednostavnih primjera prikazati način rada u estetskom laboratoriju, kako se on ovog časa odigrava i kako bi se u budućnosti mogao usavršiti. Može se zamisliti, da će kompjuterska grafika dobiti na značenju i za psihologiju zapažanja, o čijoj je kvantitativnoj informacionoj teoriji među inim objavio nešto i H. Frank[5]).

kann, kommt hier die elektronische Rechenmaschine (der Computer) gerade recht und erweist sich sogar als unentbehrlich. In diesem Aufsatz soll die Behauptung untermauert werden, daß sich um die elektronische Rechenmaschine herum ein ästhetisches Laboratorium aufbauen läßt, in dem Modelle ästhetischer Information produziert und studiert werden können. Noch ist die modellierende Ästhetik ganz am Anfang, deshalb kann hier auch nicht mehr geschehen, als daß durch die Erläuterung einfacher Beispiele die Arbeitsweise im ästhetischen Laboratorium gezeigt wird, so, wie sie sich im Augenblick abspielt und wie sie sich in der Zukunft vervollkommnen könnte. Es ist zu vermuten, daß die Computergraphik auch für die Wahrnehmungspsychologie Bedeutung gewinnen wird, über deren quantitative Informationstheorie man z. B. durch H. Frank einiges weiß.[5]

1. vizualna kompleksnost u modelu

Elektronski računski stroj (kompjuter) nazvan je dalekozorom kompleksnosti jer on čini vidljivim i rješivim, pa stoga i pojmovno obuhvatljivim, zbivanja koja se prije njegova izuma nisu mogla misaono i stvarno svladati. Kao primjer mogu se navesti, s dostatnom tačnošću izvedena proračunavanja toka neutrona u atomskom reaktoru i tok prometa u nekom gradu, pri čemu nije potrebno da su grad i atomski reaktor stvarno već izgrađeni.

Ovdje se misli na specijalni tip kompjutera, koji se sve tješnije povezuje sa svim znanstvenim, tehničkim i ekonomskim zbivanjima, naime na programski upravljeni kompjuterski uređaj. Ovaj uređaj posjeduje »pamćenje« u kojem se spremaju programi i podaci, a koje uređaj korak po korak obrađuje. Uz programski upravljeni kompjuterski uređaj spada računska naprava, računar, kojem je zadaća da redom izvodi pojedine komande programa. Sistem koji se sastoji od pamćenja i računara upotpunjuje se uređajima, koji se često nazivaju receptorima i efektorima. Pomoću receptora kompjuterski uređaj prihvaća informacije iz svoje okoline: dodatne podatke koji su mu potrebni za vrijeme odvijanja programa, pa čak što više i nove programe. Efektorima kompjuterski uređaj prihvaća informacije iz svoje okoline: dodatne podatke koji su mu potrebni za vrijeme odvijanja programa, pa čak što više i nove programe. Efektorima kompjuterski uređaj djeluje na svoju okolinu: on štampa računske rezultate ili neposredno aktivira sklopke i ventile u tehničkim uređajima. Receptori i efektori su informacioni kanali, na čijim se krajevima odvijaju pojave povezane s energijom: na primjer, mjere se temperature ili se upravlja

1. visuelle komplexität im modell

Man hat die elektronische Rechenmaschine als Komplexitätsfernrohr bezeichnet, weil sie Sachverhalte sichtbar, auflösbar, dadurch begrifflich bewältigbar macht, die sich vor ihrer Erfindung der gedanklichen und tatsächlichen Durchdringung entzogen haben. Als Beispiele seien die hinreichend genaue Berechnung des Neutronenflusses in einem Atomreaktor und des Verkehrsflusses in einer Stadt erwähnt, wobei beide — Atomreaktor und Stadt — noch gar nicht erbaut zu sein brauchen.

Es ist ein bestimmter Typus elektronischer Rechenmaschinen, der sich immer tiefer mit allen wissenschaftlichen, technischen und wirtschaftlichen Vorgängen verknüpft, gemeint ist die programmgesteuerte Rechenanlage. In ihrem »Gedächtnis« sind Programme und Daten gespeichert, die sie Schritt für Schritt auswertet. Zur programmgesteuerten Rechenanlage gehört ein Rechenwerk, das die einzelnen Befehle des Programms nacheinander ausführt. Das System aus Gedächtnis und Rechenwerk wird durch Einrichtungen ergänzt, die man oft als Rezeptoren und Effektoren bezeichnet. Durch die Rezeptoren nimt die Rechenanlage Information aus ihrer Umgebung auf: Weitere Daten, die sie während des Programmablaufs benötigt, sogar weitere Programme. Durch die Effektoren wirkt die Rechenanlage auf ihre Umgebung ein: Sie druckt Rechenergebnisse oder betätigt unmittelbar Schalter und Ventile in technischen Anordnungen. Rezeptoren und Effektoren sind Informationskanäle, an deren Enden Energiebehaftetes vor sich geht: Temperaturen beispielsweise werden gemessen oder Werkzeuge gelenkt. Eine programmgesteuerte Rechenmaschine ist eine Funktionseinheit, die mit ihrer Umgebung in Verbindung steht und dabei Daten verarbeitet, also nicht eigentlich nur rechnet. Es hat sich

alatima. Programski upravljani kompjuter je funkcionalna jedinica, koja stoji u vezi sa svojom okolinom i pri tom obrađuje podatke, dakle nije da samo računa. Radi toga se za programski upravljani kompjuter udomaćio također i naziv »uređaj za obrađivanje podataka« (datenverarbeitungsanlage). skraćeno DVA.

deshalb auch die Bezeichnung »Datenverarbeitungsanlage«, abgekürzt DVA, für die programmgesteuerte Rechenmaschine eingebürgert.

Sad treba učiniti samo jedan korak, pa da se dođe na ideju, da se DVA upotrijebi za upravljanje mehaničkim polužjem, na kojem je pričvršćena olovka za crtanje. Takvu, prikladno konstruiranu napravu nazivamo automatskim crtaćim stolom. Svoje upravljačke impulse DVA vodi ili izravno na upravljačke dijelove automatskog crtaćeg stola ili on buši traku, koju zatim automatski crtaći stol »očitava« za vrijeme rada[6]. Sistem sastavljen od DVA-a i crtaćeg stola je instrument koji je potreban za mašinsku proizvodnju grafika. Svaka se grafika izrađuje na osnovu programa koji je spremljen u memoriji DVA-a i kojeg računar mora izraditi.

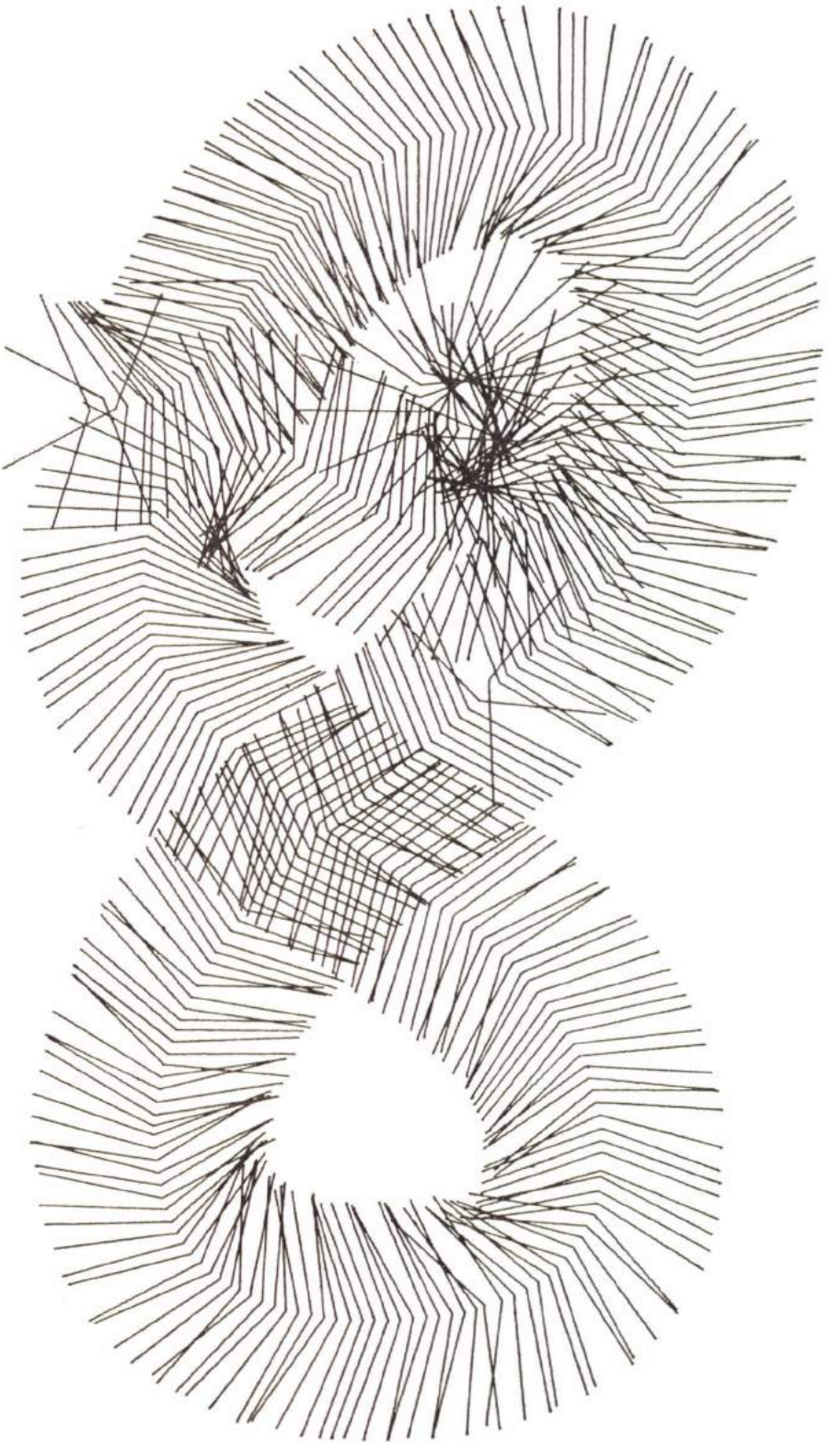
Der Gedanke ist naheliegend, die DVA zur Lenkung eines mechanischen Gestänges heranzuziehen, an dem ein Zeichenstift angebracht ist. Man nennt ein derartiges, geeignet konstruiertes Gerät einen automatischen Zeichentisch. Die DVA leitet ihre Steuerimpulse entweder direkt an die Stellglieder des automatischen Zeichentisches weiter, oder sie stanzt einen Lochstreifen, der von der Steuerung des Zeichentisches abgetastet werden kann[6]. Ein System aus DVA und Zeichentisch ist das Werkzeug, das man zur maschinellen Herstellung von Graphiken benötigt. Jede Graphik wird von einem Programm erzeugt, das im Gedächtnis der DVA gespeichert und vom Rechenwerk ausgearbeitet werden muß.

Nitko neće sumnjati u to da je DVA u stanju nacrtati kvadrat, pa zatim u ovaj kvadrat ucrtati drugi (paralelan prvom kvadratu) sa stranicama dugim 95% onih prvog kvadrata itd. U program kojem uspijeva ubacivanje slijedećeg kvadrata u prethodni, može se ugraditi uslov, da se DVA samostalno isključi u času kad se dužina stranice kvadrata spusti ispod jedne unaprijed postavljene brojčane granice. Isto tako nitko neće poricati, da kvadrati upisani na ovaj način, ne predstavljaju stanoviti skromni esteski fakat. Tu je stroj izvršio genezu jedne grafike. Mi je označujemo kao determinističku, jer se može predvidjeti kako se pojedinosti oblika stvaraju i grupiraju jedna za drugom. Ne može se miješati nikakva slučajnost koja bi mogla sadržavati momente iznenađenja. Mi ovu grafiku niti ne prikazujemo slikovno, jer je svatko može lako sebi predstaviti. Ipak DVA već i u ovakvom jednostavnom slučaju pokazuje sposobnost za razrađivanje crtežnih sistema u mnogim pojedinostima, pa i za sintetiziranje takovih sistema. Zato je oznaka »dalekozor kompleksnosti« zapravo preuska za DVA, jer ga se isto tako može nazivati izvorom kompleksnosti.

Niemand wird daran zweifeln, daß die DVA ein Quadrat zeichnen kann, in das Quadrat ein zweites (kantenparallel zum ersten), dessen Kantenlänge 95 Prozent derjenigen des ersten Quadrats beträgt, usw. Ins Programm, das die Einschachtelung des jeweils nächsten in das vorhergehende Quadrat zuwegebringt, kann die Bedingung eingebaut werden, daß die DVA sich selbst abschaltet, wenn die Kantenlänge der Quadrate eine anfangs gesetzte Zahlenschranke unterschreitet. Es wird wohl auch niemand bestreiten, daß die Quadratschachtelung, die auf diese Weise entsteht, ein gewisses, bescheidenes ästhetisches Faktum darstellt. Eine Graphik ist maschinell generiert worden. Wir bezeichnen sie als deterministisch, weil vorhersehbar ist, wie die Gestalteinzelheiten nach und nach entstehen und sich gruppieren. Kein Zulfall mischt sich ein, der Überraschungsmomente bergen könnte. Sogar die bildliche Wiedergabe dieser Graphik darf entfallen, weil wohl jedermann sie sich klar vorstellen kann. Immerhin zeigt die DVA schon in einem so einfachen Fall ihre Eignung zur Durcharbeitung von Zeichensystemen mit zahlreichen Einzelheiten, ja zur Synthetisierung solcher Systeme. Deshalb ist auch die Bezeichnung »Komplexitätsfernrohr« für die DVA eigentlich zu eng, man darf sie ebenso gut eine Komplexitätsquelle nennen.

Slučaj skriva u sebi iznenađenja, katkad neželjena, a često ne ukalkulirana. Zato se isprva čini da slučaj ne pristaje uz način funkcioniranja DVA-a, kod kojeg svaki korak proizlazi iz prethodnog, logično i predvidivo. Ako unatoč tome postoji želja za proizvodnju mašinskih grafika kod kojih slučaj igra ulogu, koje dakle ne trebaju u svim pojedinostima biti potpuno

Der Zufall birgt Überraschungen, manchmal unerwünschte, häufig nichteinkalkulierte. Deshalb scheint er zunächst zur Funktionsweise der DVA nicht zu passen, bei der jeder Schritt sich logisch und überschaubar aus dem vorhergehenden ergibt. Will man trotzdem Graphiken maschinell herstellen, bei denen der Zufall eine Rolle spielt, die also nicht restlos



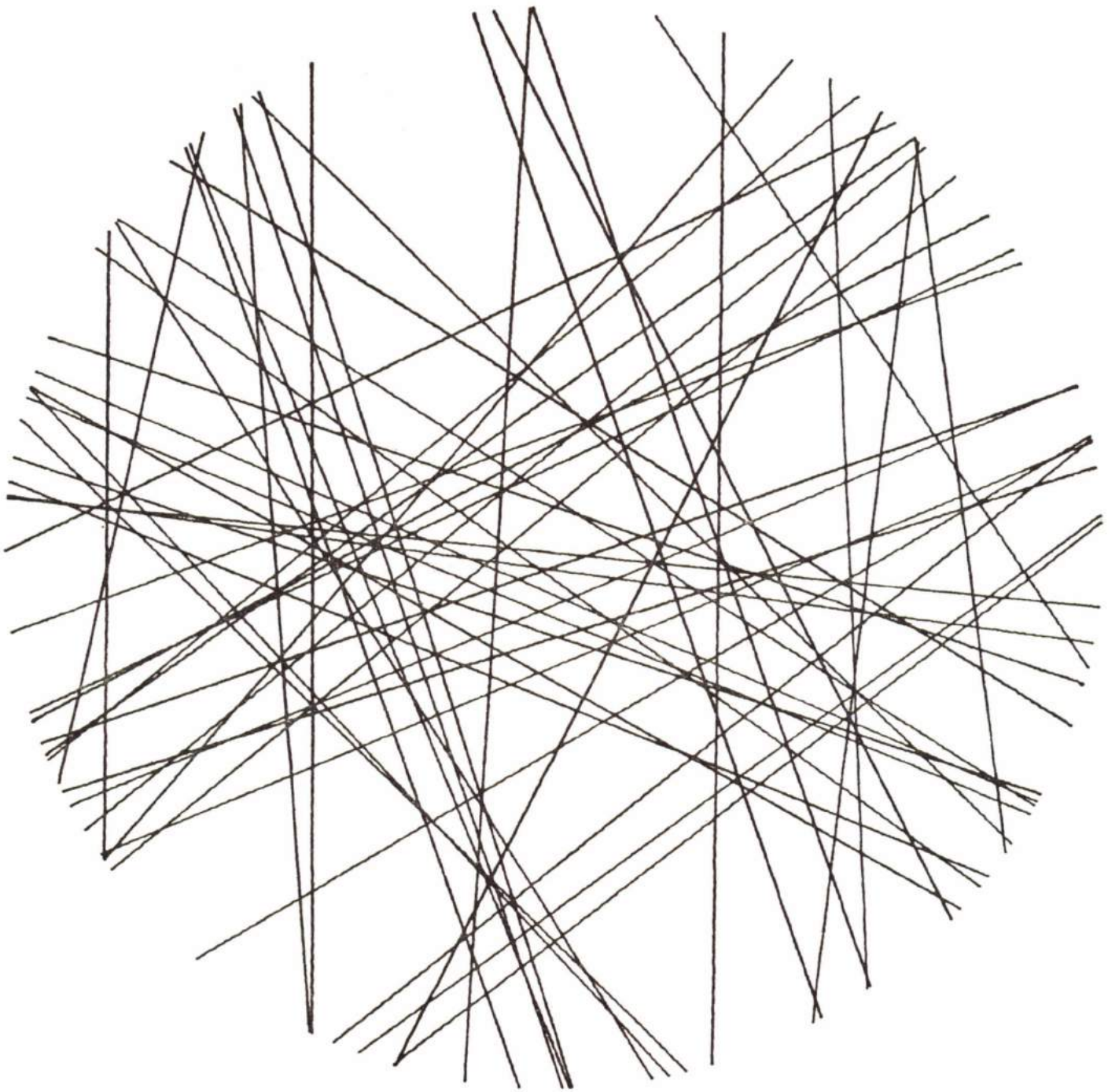
Sl. 1. Bild 1.

planirane, tada se zapravo može pokušati urediti stvari tako da se slučaj dogodi prije samog početka rada uređaja. Na takav način nastala je slika 1. Od oka narisana je neka vrst osmice na milimetarski papir. Koordinatne vrijednosti ove krivulje snimljene su tačka po tačka i unesene u listu. Nakon čitanja ove liste preostala je za DVA još samo zadaća: označiti ponovo redoslijed koordinata u obliku krivulje i u svakoj tački krivulje postaviti dvije »riblje kosti« sa konstantnim kutom širenja.

Kompjuterske grafike mogu još na drugi način sadržavati element slučaja, to jest takoreći ne u obliku nego u estetskoj materiji. Primjer za to je slika 2. Ova je grafika nastala tako da je DVA nacrtao sekante u virtualnom krugu na taj način da svaka siječe horizontalni promjer kruga. Tako formuliranom opisu grafike može se dati i imperativna formulacija, pa ga tako pretvoriti u program za DVA: »Odaberi na horizontalnom promjeru virtualnog kruga tačku sa slučajnim položajem i položi kroz nju sekantu sa slučajnim nagibom; opetuj ovu operaciju k puta«. Vrijednost broja, npr. k jednako je 100, mora se odrediti prije odvijanja programa. U čemu dakle leži praktično, operativno značenje pojma »slučajno« u programu? Kako DVA izaziva slučajni događaj, kao što je na primjer priprema nekog slučajnog kuta određene veličine, i to upravo u momentu kada ga zatreba. Za rješenje ovog problema postoji više tehničkih mogućnosti. Jedna od ovih posjeduje stanovitu eleganciju u toliko, što ona slučaj nadomještava iluzornim »pseudoslučajem«, koju DVA, što brzo računa, jednostavno izračunava. Postupak za izračunavanje slučajnih brojeva funkcionira ovako: Pripreme se tri uzastopne potencije broja 2, npr. 128, 256 i 512. Pretpostavimo sada za trenutak, da već posjedujemo jednu seriju slučajnih brojeva, a J da je posljednji u toj seriji. Tada se još jedan daljnji slučajni broj dobiva tako, da se najprije J pomnoži s 5, a zatim postepenom substrakcijom od 512, 256, 128 opet potisne ispod granice 128. Ako je možda 127 prvi slučajni broj u seriji, tada 5 puta 127 minus 512 daje broj 123, koji je već manji od 128, pa može služiti kao drugi slučajni broj u seriji. Kod slijedećeg koraka dobiva se 123 puta 5 minus 512 jednako 103, kod daljnjeg koraka 103 puta 5 minus 152 jednako je 3, zatim 3 puta 5 jednako je 15, pa 15 puta 5 jednako je 75 itd. Prema tome prvih šest slučajnih brojeva u seriji su 127, 123, 103, 3, 5, 75. Ako trebamo slučajne brojeve u drugom intervalu, a ne između 0 i 128, pomnože se prvobitno izračunate vrijednosti nekim konstannim faktorom. Doskora će se pokazati da se serija

in allen Einzelheiten geplant sein sollen, so kann man zunächst versuchen, den Zufall schon vor Beginn der Arbeit der Maschinerie sich ereignen zu lassen. Bild 1 kommt so zustande. Ohne viel Probieren wurde eine Art Achterlinie auf Millimeterpapier gezeichnet. Die Koordinatenwerte dieser Kurve wurden punktweise abgenommen und in eine Liste eingetragen. Für die DVA blieb nach dem Durchlesen dieser Liste nur noch die Aufgabe, die Folge der Koordinatenpaare wiederum als Kurve zu deuten und in jedem Kurvenpunkt zwei »Gräten« mit konstantem Spreizwinkel anzubringen.

Computergraphiken können das Zufallselement jedoch in noch anderer Weise enthalten, nämlich sozusagen nicht in der Form, sondern im ästhetischen Stoff. Ein Beispiel ist Bild 2. Diese Graphik enstand dadurch, daß die DVA Sekanten in einen virtuellen Kreis einzeichnete, und zwar derart, daß jede Sekante den horizontalen Durchmesser des Kreises schneidet. Man kann der so formulierten Beschreibung der Graphik auch eine imperativische Fassung geben und sie dadurch in ein Program für die DVA verwandeln: »Wähle auf dem horizontalen Durchmesser des virtuellen Kreises einem Punkt im zufälliger Position und lege durch ihn eine Sekante mit zufälliger Neigung; wiederhole diese Operation k mal«. Den Wert der Zahl k, z.B. k gleich 100, muß man vor dem Programmablauf festlegen. Was ist nun die praktische, operative Bedeutung des Begriffs »zufällig« im Programm? Wie löst die DVA ein zufälliges Ereignis, etwa die Bereitstellung einer zufälligen Winkelgröße, in dem Augenblick aus, in dem sie es benötigt? Für dieses Problem gibt es mehrere technische Lösungsmöglichkeiten. Einer davon eignet eine gewisse Eleganz insofern, als sie den Zufall durch einen vorgetäuschten »Pseudozufall« ersetzt, den die DVA, die ja rechnen kann, einfach errechnet. Das Verfahren zur Berechnung von Zufallszahlen funktioniert folgendermaßen: Man stellt drei aufeinanderfolgende Potenzen der Zahl 2 bereit, etwa 128, 256 und 512. Nimmt man nun für einen Augenblick an, man wäre schon im Besitz einer Serie von Zufallszahlen und J wäre die letzte in der Serie, dann erhält man eine weitere Zufallszahl dadurch, daß man J erst mit 5 multipliziert und dann durch sukzessive Subtraktion von 512, 256, 128 wieder unter die Schranke 128 herabdrückt. Ist etwa 127 die erste Zufallszahl in der Serie, so ergibt 5 mal 127 minus 512 die Zahl 123, die bereits kleiner als 128 ist, also als zweite Zufallszahl in der Serie dienen kann. Beim nächsten Schritt erhält man 123 mal 5 minus 512 gleich 103, beim übernächsten 103 mal 5 minus 512 gleich 3, dann 3 mal 5 gleich 15, dann 15 mal 5 gleich 75 usw. Die ersten sechs Zufallszahlen in der Serie sind also 127, 123, 103, 3, 5, 75. Benötigt man Zufallszahlen in einem anderen Intervall als zwischen 0 und 128, so multipliziert man die ursprünglich errechneten Werte mit einem konstanten Faktor. Es zeigt sich allerdings, daß die Zufallsserie sich bald zu wiederholen



Sl. 2. *Bild 2.*

slučaja počine ponavljati, ako su eksponenti na početku odabrane trojke potencija brojke 2 premali. Poteškoća međutim neće biti, a pri tom će se dobiti i jednako razdijeljeni slučajni brojevi, ako se upotrijebe ove potencije broja dva: 2147483648, 4294967296, 8589934592. Ove su potencije također upotrijebljene za genezu grafika u ovom izvještaju[7]. Program za izradu slučajnih brojeva naziva se generator slučaja. Katkad DVA ustreba novi slučajni broj, tada od pokreće generator slučaja.

beginnt, wenn die Exponenten des anfangs gewählten Triples von Zweierpotenzen zu klein sind. Alle Schwierigkeiten verschwinden jedoch und man erhält hinreichend gut gleichverteilte Zufallszahlen, wenn man die Zweierpotenzen 2147483648, 429467296, 8589934592 verwendent, die auch zur Genese der Graphiken in diesem Bericht herangezogen wurden[7]. Das Programm zur Erzeugung von Zufallszahlen wird als Zufallsgenerator bezeichnet. Die DVA betätigt den Zufallsgenerator jedesmal dann, wenn sie eine neue Zufallszahl braucht.

Prije nego što prijeđemo na tačnije promatranje slike 2 obzirom na njena strukturalna svojstva, treba unaprijed isključiti zabunu do koje može lako doći. Slike 1 do 3 su doduše estetika, ali nisu umjetnička djela. Sa stanovišta koje ovdje zastupamo, one su samo modeli umjetničkih djela. Prema tome, tu se ne izrađuje umjetnost, nego se u najboljem slučaju reflektira na umjetnost.

Vor der genaueren Betrachtung von Bild 2 im Hinblick auf seine Struktureigenschaften, sei einem naheliegenden Irrtum vorgebeugt: Die Bilder 1 bis 3 sind zwar Ästhetika, sie sind jedoch keine Kunstwerke, sondern von dem Standpunkt aus betrachtet, der hier vertreten wird, Modelle von Kunstwerken. Es wird also keine Kunst gemacht, sondern höchstens auf Kunst reflektiert.

Estetika i umjetnička djela kao specijalna estetika su jedinice estetske informacije. Budući da se svaka informacija sastoji od jednog — jednostavnog ili kompliciranog — znaka, to je i svaki estetikum također znak. Ostave li se po strani granični slučajevi, kojih analiza ipak može biti vrlo poučna — podsjetimo se samo na znameniti crni pravokutnik Maljevića — (čak i ovaj ima četiri kuta), onda su estetika kompleksije znakova. Max Bense ukazao je na to, da se u ukupnoj informaciji koja pritječe promatraču u stanju estetske komunikacije, može zapravo izlučiti estetski udio, koji se zove inovacija[8]). Promatramo li sliku na kojoj je prikazana ruža, onda je spoznaja, da je to ruža semantička informacija: Ova ruža označuje sebe samu i prikazuje se primaocu informacije kao ruža. Kako međutim ruža sebe predstavlja, odnosno kako ju je slikar prikazao, to potpuno i jedinstveno »kako«, to je inovacija u slici. Inovacija je izvanredno fragilna, zbog čega Bense kaže, da je vjerojatnost, da se ona uopće emitira, gotovo jednaka nuli. To se može odmah uvidjeti, ako se prisjetimo da se ono krhko »kako« razara gotovo uvijek kod ručnog kopiranja slike — bolni proces za estetski senzibilnog promatrača.

Ästhetika und Kunstwerke als spezielle Ästhetika sind Einheiten ästhetischer Information. Da jede Information aus einem — einfach oder kompliziert gebauten — Zeichen besteht, ist auch jedes Ästhetikum ein Zeichen. Sieht man von Grenzfällen ab, deren Analyse jedoch sehr lehrreich sein kann (man denke an das berühmte schwarze Rechteck von Malewitsch — sogar dieses hat vier Ecken), so sind die Ästhetika Zeichenkomplexionen. Max Bense wies darauf hin, daß man in der Gesamtinformation, die dem Betrachter im Zustand ästhetischer Kommunikation zufließt, einen eigentlich ästhetischen Anteil unterscheiden kann, den er Innovation nennt.[8] Schaut man ein Bild an, auf dem eine Rose dargestellt ist, so ist die Erkenntnis, daß dies hier eine Rose ist, semantische Information: Diese Rose bezeichnet sich selbst und macht sich dem Informationsempfänger als eine Rose bekannt. Wie diese Rose sich jedoch darstellt, oder vielmehr vom Maler dargestellt wurde, dieses vollkommene und einzigartige »Wie« ist die Innovation im Bild. Die Innovation ist von höchster Fragilität, weshalb Bense sagt, daß die Wahrscheinlichkeit, daß sie überhaupt ausgesandt wird, nahezu null ist. Man sieht dies sofort ein, wenn man bedenkt, daß jenes zerbrechliche »Wie« fast immer beim Handkopieren des Bildes zerstört wird — ein schmerzhafter Vorgang für den ästhetisch sensiblen Betrachter.

Komplementarno inovaciji sadržana je u estetika i stilska informacija. Stil u toliko nije jednoznačan pojam, jer se može govoriti o stilu jedne cijele epohe, ali također i o stilu pojedinog umjetnika. Stoga je za teoriju svrsishodno, da se stilom označuje ono, što se vraća u svakom primjerku nekog kolektiva estetika. Ako je kolektiv sveukupno djelo određenog

Komplementär zur Innovation findet sich in den Ästhetika die Stilinformation. Stil ist insofern kein eindeutiger Begriff, als man vom Stil einer ganzen Epoche, jedoch auch vom Stil eines einzelnen Künstlers sprechen kann. Es ist deshalb für die Theorie zweckmäßig, dasjenige, was in jedem Exemplar eines Kollektivs von Ästhetika wiederkehrt, als Stil zu

umjetnika, ili barem djelo jedne periode (na primjer Picassova plava faza), onda je stil ovog kolektiva izvanredno važna informacija za analizu djela.

bezeichnen. Ist das Kollektiv das Gesamtwerk eines bestimmten Künstlers, mindestens in einer Periode (beispielsweise der blauen Periode Picassos), so ist der Stil dieses Kollektivs eine für die Werkanalyse höchst wichtige Information.

No vratimo se slici 2! Koja povezanost postoji između strukturnih oznaka ovog lika i izgradnje programa kojem ona zahvaljuje svoj postanak? Najprije treba konstatirati da je nacrtano toliko k sekanti kruga koliko ih je tražio program. Ovime je ujedno i završeno nabrajanje direktnih podudarnosti između programa i slike. Jer izobilje sjecišta pravaca, duži, mnogokuta, kuteva, zvjezdastih i snopičastih figura, konačno izvanredno brojni odnosi između svih tih slikovnih elemenata, prelaze ljudske mogućnosti potpunog pojmovnog obuhvaćanja vizualne kompleksnosti. Treba samo pomisliti na nekongruentnost između kratkog teksta programa i potpunog, konzekventno napisanog kataloga svih pojedinosti slike i njihovih međusobnih odnosa. Zadovoljiti se zaključnom opaskom da je banalno da se pri pobrkano nabacanim pravcima stvara šarena mješavina detalja, možemo se samo onda, ako ne postoji daljnji interes za generiranu kompleksiju znakova.

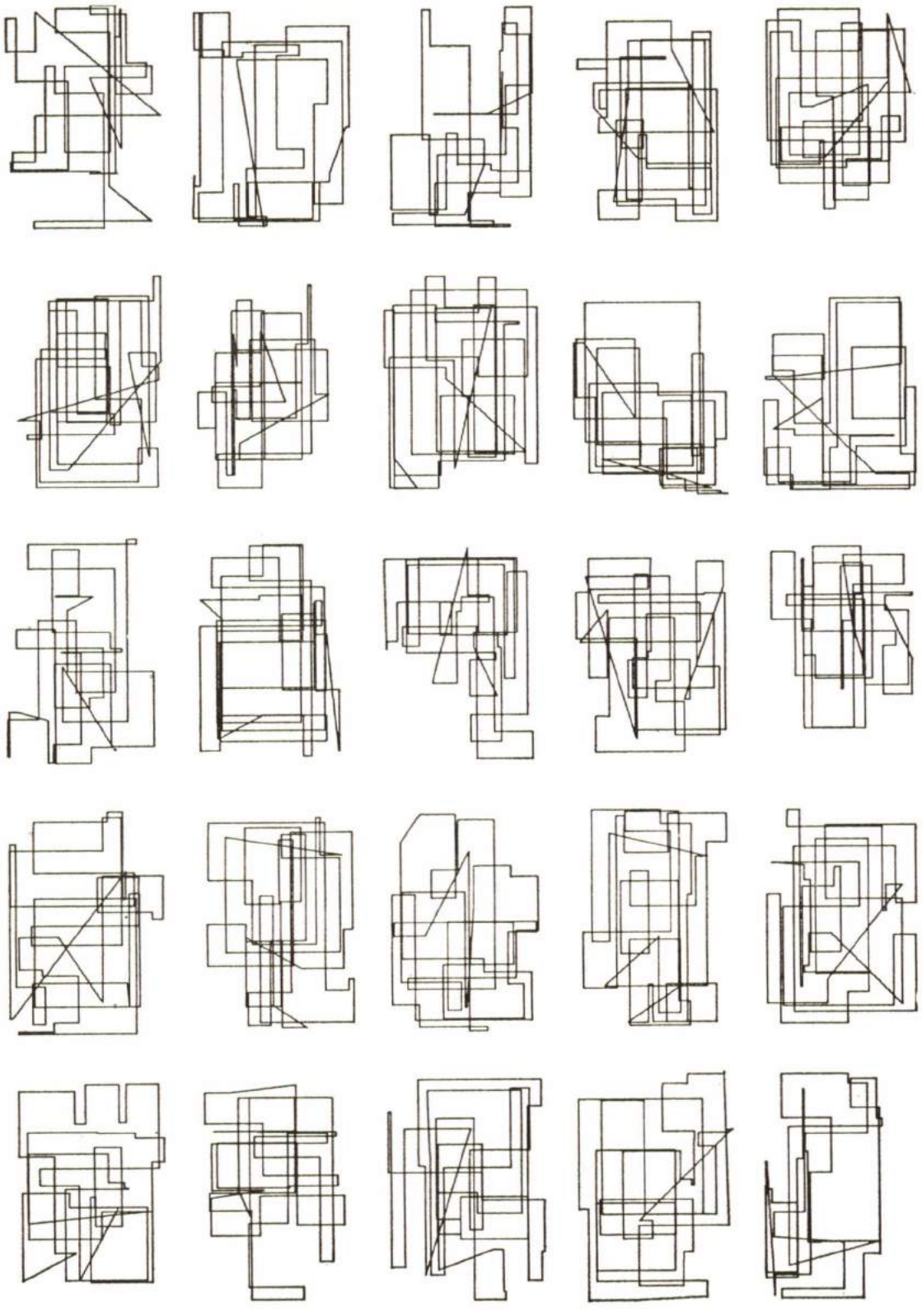
Zurück jedoch zu Bild 2! Welcher Zusammenhang besteht zwischen den Strukturmerkmalen dieser Figur und dem Aufbau des Programms, dem sie ihre Entstehung verdankt? Zunächst ist festzustellen, daß die k Kreisenkanten, deren Aufzeichnung das Programm verlangt, alle vorhanden sind. Damit ist die Aufzählung der direkten Entsprechungen zwischen Programm und Bild aber auch schon beendet. Denn die Fülle der Geradenschnittpunkte, Streckenabschnitte, Vielecke, Winkel, der stern- und bündelartigen Teilfiguren, endlich der überaus zahlreichen Beziehungen zwischen allen diesen Bildelementen übersteigt die menschlichen Möglichkeiten der vollständigen begrifflichen Erfassung visueller Komplexität. Man erwäge in Gedanken die Inkongruenz zwischen dem kurzen Programmtext und einem vollständigen, konsequent niedergeschriebenen Katalog aller Bildeinzelheiten und ihrer gegenseitigen Relationen. Bei einer abschließenden Bemerkung, es sei banal, daß sich beim kunterbunten Übereinanderwerfen von Geraden ein Sammelsurium von Details einstelle, kann man es ja nur dann bewenden lassen, wenn man sich für die generierte Zeichenkompleäion nicht weiter interessiert.

Apercepcija, što znači razumsko prihvaćanje kompleksnosti, pretpostavlja prema tome zauzimanje određenog stava. Estetičar, kao teoretičar ne-semantičar, orijentiran je na inače suvišnu vizualnu kompleksnost. Kad bi slika 2. bila vidno polje mikroskopa ispunjeno fibrilima, ona za estetičara ipak ne bi imala fiziološkog značenja.

Die Apperzeption, das bedeutet die verständnisvolle Rezeption von Komplexität, setzt mithin eine gewisse Einstellung voraus. Der Ästhetiker als der Theoretiker der nichtsemantischen Information ist auf ansonsten überflüssige visuelle Komplexität eingestellt. Wäre Bild 2 das von Fibrillen erfüllte Bildfeld eines Mikroskops, so hätte es für den Ästhetiker dennoch keinerlei physiologische Bedeutung.

Cjelokupno bogatstvo pojedinosti u slici br. 2. dobiva se dakle kao poklon, ako se, već prije razmatrani jednostavni program, prepusti na iskorištenje uređaju za obrađivanje podataka. DVA je pojačalo kompleksnosti. Ipak treba priznati, da sastavljač ima kod sastavljanja programa neku određenu, makar i često vrlo nejasnu predodžbu o rezultatu odvijanja programa. Budući da sastavljač programa drži strukturu programa u svojim rukama, to je mašinski generirana slika rezultat zajedničkog djelovanja strukture programa i funkcije generatora slučaja, koji za vrijeme odvijanja programa daju vrijednosti rasipanja za geometrijske

Den ganzen Reichtum an Einzelheiten in Bild 2 bekommt man also geschenkt, wenn man das simple Programm von der Datenverarbeitungsanlage auswerten läßt, das schon früher betrachtet wurde. Die DVA ist ein Komplexitätsverstärker. Gleichwohl ist zuzugeben, daß der Programmierer eine gewisse, wenn auch oftmals sehr schwach bestimmte Vorstellung vom Ergebnis des Programmablaufs hat, wenn er das Programm aufstellt. Da der Programmierer den Aufbau des Programms vollständig in der Hand hat, ist das maschinell generierte Bild das Resultat des Zusammenwirkens der Programmstruktur mit der Funktion der Zufallsgeneratoren, die beim Programmablauf die Streuwerte für die geometrischen Parameter — hier Sekantenposition und Neigung — liefern (man benutzt



Sl. 3. Bild 3.

parametre, — u ovom slučaju položaj sekanta i nagib. (Općenito se za pojedine parametre upotrebljavaju međusobno u programu neovisno djelujući generatori slučaja.)

Uostalom sve nam tri slike pokazuju da informacija dobivena u estetskom laboratoriju može sadržavati isti stupanj kompleksnosti, kao i ona na koju smo naišli na polju informacione estetike. Zato, čisto raščlanjujuća ispitivanja umjetno izrađenih slikovnih informacija, koja deskriptivno zahvaćaju dijelove i odnose između dijelova imaju svoje granice. Čak i mašinski izrađena estetska informacija može biti strukturno »relativno transcendentna« prema ljudskom apercepcionom aparatu, tj. ona može prelaziti snagu gledanja i opisanog nabrajanja. A misao, da je estetska informacija statističke naravi, provlači se i kroz cijelu Benseovu estetiku. Postoji statistika strukture slike. Treba pokušati ovu tvrdnju potkrijepiti statističkim iskazima o primjerima estetske informacije. Mogla bi se, na primjer, inovaciji pripisati inovaciona gustoća, koja bi pojmovno otprilike rasla ili opadala sa gustoćom plohe pojedinih znakova, koji su se zatekli na slici. Tada bi se na primjer trebalo diskutirati o iskazu, da je srednja inovaciona gustoća kod slika Marka Tobeya općenito nešto veća od one kod Paula Kleea[9]. Ako se informacija proizvodi pomoću programa koji uključuju i generatore slučaja, onda se moraju potražiti odnosi između slikovne statistike i načina djelovanja generatora slučaja. Ovime je pokazan smjer za daljnja istraživanja.

2. analiza stila i adaptivna indukcija

Stilom kolektiva naziva se u prvom odsjeku ono, što se ponavlja u svakom primjerku nekog kolektiva estetika. Pomoću uređaja za obrađivanje podataka, koji lako proizvodi kolektive grafičkih jedinica informacije, moguća je modelska obrada stilskih problema.

Slika br. 3. pokazuje kolektiv figura. Taj nastaje tako, da se isti program stalno nanovo propušta, pri čemu se generatori slučaja, koji utječu na program, ne iniciraju prije svakog prolaza već oni za redom pomoću jedne kontinuirane serije slučajnih brojeva izbacuju inovacije pojedinih figura. Program za pojedinu figuru vrlo je jednostavan: »Razbacaj trideset tačaka slučajno u okvirnoj pačetvorini, spoji zatim svaku tačku pod pravim kutom i paralelno s bridovima

nämlich im allgemeinen für die einzelnen Parameter voneinander unabhängig laufende Zufallsgeneratoren im Programm).

Alle drei Bilder lehren übrigens, daß die im ästhetischen Laboratorium gewonnene Information den gleichen Komplexitätsgrad aufweisen kann, als die sonst im Feld der Informationsästhetik angetroffene. Deswegen hat eine rein zergliedernde Untersuchung künstlich erzeugter Bildinformation, die Teile und Teilebeziehungen deskriptiv erfaßt, ihre Grenzen. Sogar maschinell erzeugte ästhetische Information kann strukturel »relativ transzendent« zum menschlichen Apperzeptionsapparat sein, d.h. sie kann die Kraft des Sehens und aufzählenden Beschreibens übersteigen. Nun zieht sich ja der Gedanke einheitlich durch die ganze Bense'sche Ästhetik, daß ästhetische Information von statistischer Natur ist. Es gibt eine Statistik des Bildgefüges. Man muß versuchen, diese Behauptung durch statistische Aussagen über ästhetische Informationsbeispiele zu erhärten. Man könnte etwa der Innovation eine Innovationsdichte zuordnen, die begrifflich ungefähr mit der Flächendichte der im Bild angetroffenen Einzelzeichen zu- oder abnehmen würde. Dann wäre z.B. die Aussage zu diskutieren, daß die mittlere Innovationsdichte bei Bildern von Mark Tobey im allgemeinen etwas größer anzusetzen sei, als bei solchen von Paul Klee[9]. Wird die Information maschinell durch ein Programm erzeugt, das Zufallsgeneratoren wirksam werden läßt, so sind Beziehungen zwischen der Bildstatistik und der Wirkungsweise der Zufallsgeneratoren aufzusuchen. Eine Richtung für weitere Untersuchungen ist damit aufgezeigt.

2. stilanalyse und adaptive induktion

Im Abschnitt 1 wurde das in jedem Exemplar eines Kollektivs von Ästhetika Wiederkehrende als der Still des Kollektivs bezeichnet. Mit Hilfe der Datenverarbeitungsanlage, die leicht Kollektive von graphischen Informationseinheiten erzeugen kann, wird die modellmäßige Behandlung von Stilproblemen möglich.

Bild 3 zeigt ein Figurenkollektiv. Es entsteht dadurch, daß ein und dasselbe Programm immer wieder durchlaufen wird, wobei jedoch die im Programm wirksamen Zufallsgeneratoren nicht vor jedem Durchlauf neu initiiert werden, sondern durch eine lückenlose Serie von Zufallszahlen die Innovation einer Einzelfigur nach der anderen hervorbringen. Das Programm für die Einzelfigur ist sehr einfach aufgebaut: »Streue dreißig Punkte zufällig in ein Rahmenrechteck, verbinde dann jeden Punkt mit dem nachfolgenden über einen rechten Winkel und parallel zu den Kanten des

okvirne pačetvorine sa slijedećom, ali kod desete, dvadesete i tridesete tačke odsupi od ovog pravila, pa spoji pravcem neposredno desetu sa jedanaestom, dvadesetu sa dvadeset-prvom, a tridesetu sa prvom«.

Rahmenrechtecks, weiche jedoch beim zehnten, zwanzigsten und dreißigsten Punkt von dieser Regel ab und verbinde den zehnten mit dem elften, den zwanzigsten mit dem einundzwanzigsten und den dreißigsten mit dem ersten unmittelbar durch eine Strecke«.

Mjesto samo 25 figura bilo bi moguće, ako bismo uložili više vremena, proizvesti nekoliko tisuća pojedinih figura, koje se nikad ne ponavljaju. Prema tome mašinski postupak crtanja dopušta jeftinu izradu velike količine varijanata obrađivane teme oblika. Naravno da je to od praktičnog značenja za dizajniranje. Pretpostavimo, da se prema programu sa slike br. 3 traži osobito interesantna ili privlačna figura, potrebna za reklamni plakat. Tada DVA može izrađivati varijante tako dugo, dok se ne pojavi figura, koju ćemo izabrati kao najprikladniju. Taj je postupak projektiranja potpuno legalan, a upotrebljavao ga je još prije izuma DVA-a na primjer Goethe, kad je kod pisanja koristio zbirku sinonima. Još jasniji primjer od serije na slici br. 3. bila bi mašinska izrada skica prema programu u svrhu projektiranja oblika vaza ili uzoraka za tkanje.

Anstatt nur fünfundzwanzig hätte man mit größerem Zeitaufwand auch einige tausend Einzelfiguren erzeugen können, ohne auf Wiederholungen zu stoßen. Das maschinelle Zeichenverfahren erlaubt also die preiswerte Bereitstellung einer großen Anzahl von Varianten eines Gestaltthemas. Das ist natürlich von praktischer Bedeutung für das Designwesen. Angenommen, es werde eine als besonders interessant oder anregend empfundene Einzelfigur nach dem Programm von Bild 3 als Vorlage für ein Werbeplakat gesucht. Dann kann man sich von der DVA Varianten solange vorlegen lassen, bis man eine als passend erkennt und herausgreift.
Das ist ein vollkommen legales Entwurfsverfahren, das beispielsweise vor der Erfindung der DVA Goethe angewandt hat, wenn er beim Schreiben eine Synonymensammlung benutzte. Ein noch einleuchtenderes Beispiel als die Serie in Bild 3 wäre der Entwurf von Vasenformen oder von Webmustern durch maschinelles Erzeugen von Skizzen nach einem Programm.

Metoda proizvodnje varijanata neke teme, je sredstvo za studij stilova na modelu neovisno od praktične primjene. Proširi li se primjer o projektiranju oblika vaza, pa se pita na primjer koje su stilske oznake u stvaralaštvu umjetnika X, koji je izrađivao empire vaze, tada se dobiva problem o kojem je riječ. Mogao bi se naime napisati prvi program, pomoću njega izraditi serija slika, pa zatim iz serije uspoređivati s primjercima koje je umjetnik izradio. To bi bilo uspoređivanje stilova dvaju kolektiva. Ako bi usporedba, koja je potpuno ovisna o kriteriju stilske senzibilnosti uspoređivača (barem tako dugo ovisna, dok i uspoređivanje ne bi mogao preuzeti DVA pomoću mašinskog »pattern recognition«) ispala negativno, morao bi se promijeniti proizvodni program, izraditi nove slike i ponovno uspoređivati. Tako bi trebalo nastaviti, dok se postepenim prilagođivanjem ne bi dobila zadovoljavajuća sličnost stila između slika modela i vaza umjetnika X. Zadnji program mogao bi se tada metodološki shvatiti kao model stvaralačkog procesa empirskog majstora X. Praktična provedba ovakvog postupka stilske analize ne postoji, no ona stoji na programu modelirajuće estetike.

Unabhängig von der praktischen Anwendung ist die Methode der Erzeugung von Varianten eines Themas ein Mittel zum modellmäßigen Studium von Stilen. Dehnt man das Beispiel des Entwurfs von Vasenformen aus und stellt man beispielsweise die Frage nach den Stilmerkmalen im Werk eines Künstlers X, der im Empire Vasen entwarf, so gewinnt man ein Problem der gemeinten Art. Man könnte nämlich ein erstes Programm schreiben, mit seiner Hilfe eine Bildserie erzeugen, schließlich die Bilder der Serie und Werkbeispiele des Künstlers nebeneinanderhalten. Verglichen würden dabei die Stile zweier Kollektive. Fiele der Vergleich, der ganz auf das Kriterium der Stilsensibilität des Vergleichenden angewiesen wäre (jedenfalls solange angewiesen wäre, als nicht durch maschinelles »pattern recognition« auch das Vergleichen von einer DVA besorgt werden kann), negativ aus, so müßte man das Erzeugungsprogram abändern, Bilder erneut erzeugen und erneut vergleichen. Damit wäre fortzufahren, bis durch schrittweise Adaptation befriedigende Stilähnlichkeit zwischen den Modellbildern und den Vasen des Künstlers X erreicht wäre. Das zuletzt geschriebene Programm könnte dann methodologisch als ein Model des Schaffensprozesses des Empiremeisters X aufgefaßt werden. Die praktische Durchführung eines solchen Verfahrens der Stilanalyse fehlt hier und steht auf dem Programm der modellierenden Ästhetik.

Stilski »appeal« nije ništa drugo do li slučaj induktivne spoznaje. Postupak postepenog približavanja stila nekog kolektiva modela stilu nekog kolektiva umjetničkih djela, mogao bi se nazvati adaptivnom indukcijom. Rezultat adaptivne indukcije ne bi doduše bio sam stil, nego program, koji bi bio sposoban za genezu stilskih primjera. Kada bi uspjelo na ovom programu očitati specijalne antropološki relevantne karakteristike, moglo bi se eventualno doći do interesantnih tvrdnji o onom, čije djelo modelira program.

Stilansprache ist nichts anderes, als ein Fall von induktiver Erkenntnis. Das Verfahren der schrittweisen Annäherung des Stils eines Modellkollektivs an den Stil eines Kollektivs von Kunstwerken könnte man als adaptive Induktion bezeichnen. Das Ergebnis adaptiver Induktion wäre allerdings nicht der Stil selbst, sondern ein Program, das der Genese von Stilbeispielen fähig ist. Gelänge es, an diesem Program spezielle anthropologisch relevante Merkmale abzulesen, so würde man vielleicht zu interessanten Behauptungen über denjenigen kommen, dessen Werk das Programm modelliert.

(Erlangen, 6. 10. 1968.)

bilješke

anmerkungen

[1] M. Bense, *Aesthetica I*, Stuttgart 1954; Aesthetica, Baden-Baden 1965.

[2] A. A. Moles, *Théorie de l'information et perception esthétique*, Paris 1958.

[3] H. Frank, *Grundlagenprobleme der Informationsästhetik*, Diss, Stuttgart 1959.

[4] G. Nees, *Statistische Grafik, Variationen von Figuren in der statistischen Grafik, beides in Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft*, Band 5, Dezember 1964.

[5] H. Frank, *Kybernetische Analysen subjektiver Sachverhalte*, Quickborn 1964.

[6] Die Bilder 1 bis 3 wurden mit Hilfe einer SIEMENS-Daten--verarbeitungsanlage und eines automatischen Zeichentisches ZUSE GRAPHOMAT hergestellt.

[7] P. G. Behrenz, *Collected Algorithms from CACM* Algorithm 133, Random; New York 1962.

[8] M. Bense a.a.O.

[9] Hier läge eine gewisse Analogie zur statistischen literarischen Stilanalyse vor, siehe W. Fucks, Mathematische Analyse des literarischen Stils, Studium Generale, Band 6, 1963.

Preveo: Pavao Roth

frieder nake

umjetnička produkcija kao proces odlučivanja

frieder nake
rechenzentrum, th stuttgart

die kunstproduktion als entscheidungsprozess

Moderna informaciona estetika, kako su je razvili BENSE, FRANK, GUNZENHÄUSER, MASER, MOLES, obrađuje uglavnom analitičke aspekte umjetničke produkcije (estetskih objekata). Istraživanja se vrše unutar faze kritike. Ta su istraživanja u grubim crtama — ove vrste: Imamo neki estetski objekt. Definiran je recimo niz objektivnih kriterija, tj. kriterija koji se mogu provjeriti. Onda se postavlja pitanje u kojoj su mjeri ti kriteriji u tom estetskom objektu ispunjeni. Kriterije postavlja i ispituje informaciona estetika. Kriteriji treba da su po mogućnosti numerički obuhvatljivi, tako da se umjetnička kritika pretvara u mjerni postupak koji nam pruža niz karakteristika nekog estetskog objekta. Provjeravanje kriterija na određenom estetskom objektu dovodi do toga da tom objektu određujemo mjesto među mogućim objektima. Na primjer, ako je deset numeričkih kriterija definirano, onda njihova primjena dovodi do toga da se svakom estetskom objektu ispitivane klase dodijeli jedna tačka u desetodimenzionalnom kriterijskom prostoru.

Drugi je aspekt umjetničke produkcije sintetički aspekt. Pri tom se estetski objekti ne shvaćaju kao dani, već kao izvedljivi. M. Bense naziva estetiku koja se bavi produkcijom estetskih objekata »generativnom« (1). Cilj generativne estetike može biti pronalaženje pravila, postupaka, metoda, algoritama, radnih tokova da bi se proizvele estetske informacije. Obratno, predmetom kritike postaje tačka u desetodimenzionalnom kriterijskom prostoru kojemu treba da se dodijeli neki estetski objekt. U ovom prilogu želim opisati matematički model »umjetničke produkcije«, koji je po svemu sudeći prikladan da služi kao osnovica za automatsku produkciju estetskih objekata (npr. za programiranje kompjutera).

Najprije želimo prikazati jednostavni model rada nekog umjetnika na estetskom objektu, dakle rada na fazi realizacije estetske informacije (6). Pri tom se želim ograničiti na slučaj »slikara« da bih matematički formalizam sveo na najmanju moguću mjeru, ali model vrijedi i za svaku drugu vrstu umjetnosti. U dvodimenzionalnom prostoru zadana je ograničena ploha A (npr. ravno pravokutno platno). Dvodimenzionalni prostor pokriven je finijim ili grubljim rasterom koji se sastoji od kvadrata. Slikarev rad sastoji se u tome da redom za svaki rasterski kvadrat na plohi A donese odluku koja taj kvadrat čini nosiocem estetskih informacija. Ta odluka može npr. biti: nanošenje različitih boja. Niz

Die moderne Informationsästhetik, wie sie vor allem von BENSE, FRANK, GUNZENHÄUSER, MASER, MOLES entwickelt wurde, behandelt hauptsächlich analytische Aspekte der Kunstprodukte (ästhetischen Objekte). Die Untersuchungen finden innerhalb der Phase der Kritik statt. Sie sind — grob gesprochen — etwa von folgender Art. Gegeben sei ein ästhetisches Objekt. Definiert sei eine Reihe von objektiven (d.h. nachprüfbaren) Kriterien. Dann wird gefragt, wieweit diese Kriterien in dem ästhetischen Objekt erfüllt sind. Das Aufstellen und Nachprüfen der Kriterien besorgt die Informationsästhetik. Nach Möglichkeit sollen die Kriterien numerisch faßbar sein, sodaß Kunstkritik zu einem Meßverfahren wird, das eine Reihe von Kennzeichen über ein ästhetisches Objekt liefert. Die Nachprüfung der Kriterien an einem gegebenen ästhetischen Objekt führt dazu, diesem Objekt einen Platz zuzuordnen im Rahmen der möglichen Objekte. Sind z.B. 10 numerische Kriterien definiert, so führt ihre Anwendung dazu, jedem ästhetischen Objekt der untersuchten Klasse einen Punkt in einem zehndimensionalen Kriterien-Raum zuzuordnen.

Ein anderer Aspekt der Kunstproduktion ist der synthetische. Hier werden ästhetische Objekte nicht als gegeben vorausgesetzt, sondern als machbar. M. BENSE nennt eine Ästhetik, die sich mit der Produktion ästhetischer Objekte befaßt, »generativ« [1]. Ziel einer generativen Ästhetik kann es sein, Regeln, Verfahren, Methoden, Algorithmen, Arbeitsabläufe zur Erzeugung ästhetischer Information zu finden. Umgekehrt zum Vorgang der Kritik wird ein Punkt in einem zehndimensionalen Kriterien-Raum vorgegeben, dem ein ästhetisches Objekt zugeordnet werden soll. In dem vorliegendem Beitrag will ich ein mathematisches Modell der »Kunstproduktion« beschreiben, das geeignet erscheint, als Grundlage für die automatische Erzeugung ästhetischer Objekte zu dienen (z.B. für die Programmierung von Computern).

Zunächst soll ein einfaches Modell der Arbeit eines Künstlers an einem ästhetischen Objekt, also der Phase der Realisation ästhetischer Information, gegeben werden [6]. Dabei will ich mich auf den Fall des »Malers« beschränken, um den mathematischen Formalismus möglichst gering zu halten; das Modell gilt für beliebige andere Kunstarten. Im zweidimensionalen Raum sei eine beschränkte Fläche A gegeben (also etwa eine ebene rechteckige Leinwand). Der zweidimensionale Raum sei überzogen mit einem (mehr oder weniger feinen) Raster von Quadraten. Die Arbeit des Malers besteht dann darin, daß er sukzessive für jedes in A gelegene Rasterquadrat eine Entscheidung trifft, die dieses Quadrat zum Träger ästhetischer Information macht. Solche Entscheidungen können z. B. sein: das Anbringen

odluka može pogoditi rasterske kvadrate u bilo kojem redoslijedu; slikar ne mora uvijek nakon jednog kvadrata prijeći na susjedni. Neki kvadrat može i više puta dodirnuti, što odgovara premazivanju.

Taj nam model utoliko reproducira realni način rada slikara što njegova ruka »luta« po platnu i pri tom od vremena do vremena nekim oruđem (kistom, dubilom, olovkom itd.) dodiruje platno, da bi na njega nanio boju. Ako ruka s oruđem nastavi putovati (potez kistom, crta), onda to u modelu znači da se neprestano donose odluke za dodirnute rasterske kvadrate.

Mi ćemo svoj model za nastanak neke slike još i dalje formalizirati. Zamislit ćemo da je proces nastajanja podijeljen u pojedine »trenutke«. U svakom trenutku promatramo »stanje« slike. To se stanje definira ispunjavanjem rasterskih kvadrata. Pri prijelazu od jednog trenutka na naredni mijenja se stanje. Promjena treba da se odnosi tačno na jedan rasterski kvadrat, pri čemu mogu nastupiti slučajni i deterministički utjecaji. Kao promjenu stanja priznajemo: izbor rasterskog kvadrata i nanošenje »znaka« na tom mjestu. Znak treba pri tom da je odabran iz nekog repertoara znakova. Izbor rasterskog kvadrata i izbor znaka koji se na nj ima nanijeti treba da se vrše po određenim vjerojatnoćama.

Sada treba taj model zaodjenuti u matematičko ruho radi produkcije estetskih objekata. Budući da je već u prošlom stavku običnim govorom izrečeno sve bitno, ne treba da se netko tko je nevježa u matematici odviše dugo zadržava na odlomku koji slijedi. Promatramo u trenucima $t = 1, 2, 3, \ldots$ stanja $z(t)$ neke slike. (Pod »slikom« možemo ovdje razumjeti matricu, čiji su elementi znakovi, nanijeti u pojedine rasterske kvadrate.) Svakome $z(t)$ dodijeljeno je mnoštvo mogućih odluka $x(t)$. Iz tog mnoštva donosi se neka odluka $x(t)$. Stanjem $z(t)$ i odlukom $x(t)$ određuje se vjerojatnosni raspored $W(t)$ za stanje $z(t + 1)$ u idućem trenutku. Budući da su naša stanja matrice, to se prelazak narednom stanju određuje transformacijom matrice. Taj model kod prelaska na naredno stanje uzima u obzir samo ono posljednje stanje, a ne i prijašnja.

verschiedener Farben. Die Folge der Entscheidungen kann die Rasterquadrate in beliebiger Reihenfolge treffen, der Maler muß nicht immer zu einem benachbarten Quadrat übergehen. Ein Quadrat kann auch mehrmals berührt werden, was dem Übermalen entspricht.

Dieses Modell gibt die reale Arbeitsweise des Malers insofern wieder, als dessen Hand ja über der Leinwand eine »Irrfahrt« ausführt und dabei von Zeit zu Zeit ein Werkzeug (Pinsel, Stichel, Bleistift usw.) auf die Leinwand senkt, um dort z. B. Farben anzubringen. Fährt die Hand mit gesenktem Werkzeug weiter (Pinselstrich, Linienzug), so bedeutet das im Modell, daß laufend Entscheidungen gleicher Art für die berührten Rasterquadrate gefällt werden.

Wir wollen unser Modell für die Entstehung eines Bildes noch etwas weiter formalisieren. Wir denken uns dazu den Entstehungsprozeß aufgeteilt in einzelne »Zeitpunkte«. Zu jedem Zeitpunkt beobachten wir den »Zustand« des Bildes. Dieser soll definiert sein durch die Belegung der Rasterquadrate. Beim Übergang von einem Zeitpunkt zum nächsten verändert sich der Zustand. Die Veränderung soll genau ein Rasterquadrat betreffen, wobei zufällige und deterministische Einflüsse auftreten können. Als Zustandsänderung wollen wir zulassen: Auswahl eines Rasterquadrates und Anbringen eines »Zeichens« an diesem Ort. Das Zeichen soll dabei aus einem gegebenen Repertoire von Zeichen gewählt werden. Die Auswahl des Rasterquadrates und die Auswahl des dort anzubringenden Zeichens sollen nach gewissen Wahrscheinlichkeiten erfolgen.

Jetzt soll dieses Modell für die Produktion ästhetischer Objekte in ein mathematisches Gewand gekleidet werden. Da im vorigen Absatz schon umgangssprachlich alles Wesentliche gesagt wurde, braucht der mathematisch Ungeübte sich an dem folgenden Absatz nicht unnötig lange aufzuhalten. Wir beobachten zu den Zeitpunkten $t = 1, 2, 3, \ldots$ die Zustände $z(t)$ eines Bildes. (Unter »Bild« können wir hier eine Matrix verstehen, deren Elemente Zeichen sind, die an den einzelnen Rasterquadraten angebracht sind.) Jedem $z(t)$ ist zugeordnet eine Menge möglicher Entscheidungen $X(t)$. Aus dieser Menge wird eine Entscheidung $x(t)$ getroffen. Durch Zustand $z(t)$ und Entscheidung $x(t)$ wird die Wahrscheinlichkeitsverteilung $W(t)$ für den Zustand $z(t+1)$ im nächsten Zeitpunkt festgelegt. Da unsere Zustände Matrizen sind, wird der Übergang zum nächsten Zustand festgelegt durch eine Matrizentransformation. Dieses Model berücksichtigt nur den zuletzt erreichten Zustand beim Übergang zum nächsten, nicht die weiter zurückliegenden.

Pomoću tog matematičkog modela našli smo prijelaz teoriji o procesima odlučivanja. Da bi se taj proces mogao odvijati i da bismo ga mogli usmjeravati, moramo sebi zamisliti još i neko vrednovanje za svako postignuto stanje. Takva funkcija vrednovanja dopušta onda da se proces stvaranja slike usmjeri tako da gotova slika zadovoljava određene kriterije. Znamo prema tome matematičku teoriju pomoću koje možemo stvarati slike u skladu s našim željama. Da bismo takvu matematičku teoriju mogli primijeniti u produkciji slika, treba načiniti model kao što je ovaj gornji o radu »umjetnika«. Ta produkcija javlja se ovdje kao posebni slučaj regulacijskih procesa, pa je prema tome uklopljena u općeniti teoretski okvir.

Interesantna i kritična tačka kod takve generativne estetske teorije zasada je još otvorena: funkcija vrednovanja i predodžbe cilja koji će se primijeniti na određenu sliku. Ta pitanja leže izvan područja matematike, pa ih mora objasniti estetika. Budući da smo razvili matematičku teoriju, moraju kriteriji u svakom slučaju biti numerički. Kao što smo u početku nagovijestili, informaciona je estetika pripremila instrumentarij takvih objektivnih kriterija i sad se bavi time da ih poboljša i proširi. S tim u vezi da podsjetimo još na efekt maksimuma, na minimalnu informaciju koju treba da sadrži slika, na pojam vrijednosti iznenađenja nekog znaka, na estetsku mjeru prema BIRKHOFFU i GUNZENHÄUSERU, koju je MASER veoma profinio (2), (3), (4), (5)! Spomenute a i druge značajke pretežno su statističke prirode, one se temelje na učestalostima prema kojima se znakovi javljaju na nekoj slici i ne mare mnogo za topološke značajke slike.

Time na šta smo ukazali želimo nagovijestiti ovo: nikako ne postoji opasnost da bi matematičari ili čak kompjuteri potpuno osvojili stvaranje slika. To neće ukloniti ni snažan prodor egzaktne nauke — dakle diskurzivnog mišljenja — u proizvodno područje intuitivnog mišljenja, taj će prodor naprotiv dati stimulans da se dalje napreduje. Čini se da sad postoji mogućnost da dijelove slikovne produkcije opišemo i reguliramo kao proces odlučivanja. Još se moraju ispitati kriteriji koji će biti osnovica regulacije. To istraživanje u velikoj je mjeri izvanmatematično.

Samo se po sebi razumije da formaliziranja ove vrste, kako smo ih ovdje razvili, razmjerno jednostavno dovode do algoritama. Ako se ti algoritmi prevedu u govor mašina,

Mit diesem mathematischen Modell haben wir den Anschluß gefunden an die Theorie der Entscheidungsprozesse. Wir müssen uns, um den Prozeß ablaufen zu lassen und ihn zu steuern, noch eine Bewertung für jeden erreichten Zustand gegeben denken. Eine solche Bewertungsfunktion erlaubt es dann, den Prozeß der Bildproduktion so zu steuern, daß das fertige Bild gewisse Kriterien erfüllt. Wir haben also eine mathematische Theorie an der Hand, mit deren Hilfe wir Bilder erzeugen können, die von uns geäußerte Wünsche erfüllen. Damit wir diese vorliegende mathematische Theorie anwenden können in der Bildproduktion, ist es notwendig, sich ein Modell wie das obige von der Arbeit eines »Künstlers« zu machen. Diese Produktion erscheint hier als Spezialfall gewisser Regelprozesse und ist somit eingebettet in einen allgemeinen theoretischen Rahmen.

Der interessante und kritische Punkt bei einer derartigen generativen ästhetischen Theorie ist noch offen gelassen: die Bewertungsfunktion und die Zielvorstellung, die an ein Bild angelegt werden sollen. Diese Fragen liegen wieder außerhalb der Mathematik und müssen von der Ästhetik geklärt werden. Da wir eine mathematische Theorie entwickelt haben, müssen die Kriterien jedenfalls numerischer Art sein. Die Informationsästhetik hat — wie anfangs angedeutet — ein Instrumentarium solcher objektiver Kriterien bereitgestellt und ist dabei, diese zu verbessern und zu erweitern. Es sei in diesem Zusammenhang erinnert an den Maximum-Effekt, die Mindestinformation, die ein Bild beinhalten soll, den Begriff des Überraschungswertes eines Zeichens, das ästhetische Maß nach BIRKOFF und GUNZENHÄUSER, das von MASER sehr verfeinert wurde [2], [3], [4], [5]. Diese gennanten und andere Merkmale sind vorwiegend statistischer Natur, sie bauen auf den Häufigkeiten auf, mit denen Zeichen in einem Bild auftreten und berücksichtigen wenig die topologischen Eigenschaften des Bildes.

Mit diesem Hinweisen soll angedeutet werden: Nicht im entferntesten besteht die Gefahr, daß von Mathematikern oder gar Computern das Bildermachen völlig okkupiert werden könnte. Ein starker Einbruch der exakten Wissenschaft — also des diskursiven Denkens — in den produktiven Bereich des intuitiven Denkens wird dieses nicht abschaffen, sondern vielmehr dazu provozieren, voranzuschreiten. Es scheint die Möglichkeit gegeben, daß Teile der Bilproduktion als Entscheidungsprozeß beschreibbar und regelbar werden. Die Kriterien, die dieser Regelung zugrunde gelegt werden müssen, sind noch zu erforschen. Diese Forschung ist weitgehend außermathematisch.

Es ist selbstverständlich, daß Formalisierungen der Art, wie sie hier entwickelt wurden, verhältnismäßig einfach zu Algorithmen führen. Übersetzt man diese in eine

onda je sagrađen most ka kompjuterskoj produkciji estetskih objekata. Tehnička mogućnost kompjuterske umjetnosti (»comp art«), koja nam danas stoji na raspolaganju, traži, za svoje ostvarenje, da se svakako na taj način rezonira.

(Svibanj 1968.)

Maschinensprache, so ist die Brücke zur Computer--Produktion ästhetischer Objekte geschlagen. Die heute gegebene technische Möglichkeit einer Computer-Kunst (»comp art«) erfordert zu ihrer Realisierung auf jeden Fall Überlegungen der obigen Art.

literatura

literatur

1. M. BENSE
Aspekt generativer Ästhetik, rot 19. Stuttgart 1965
2 H. FRANK
Kybernetische Analysen subjektiver Sachverhalte. Quickborn 1964
3. H. W. FRANKE
Phänomen Kunst. München 1967
4. R. GUNZENHÄUSER
Ästhetisches Mass und ästhetische Information. Quickborn 1962
5. S. MASER
Über eine mögliche Präzisierung der Beschreibung ästhetischer Zustände, Grunglagen, aus Geistesw. und Kybernetik 8 (1967) 101—113.
6. F. NAKE
Erzeugung ästhetischer Objekte mit Rechenanlagen.
R. Gunzenhäuser, Nichtnumerische Informationsverarbeitung.
Springer, Wien.
U štampi. *Im Druck.*

Preveo: Josip Rittig

michael a. noll

digitalni kompjuter kao stvaralački medij

michael a. noll

bell telephone laboratories, murray hill

the digital computer as a creative medium

S kompjuterom čovjek nije stvorio samo mrtvi alat, nego i razumnog, aktivnog, stvaralačkog partnera koji bi, kad bude potpuno iskorišten, mogao poslužiti za produkciju posve novih oblika u umjetnosti, a možda i za nove estetske doživljaje (experiences).

In the computer, man has created not just an inanimate tool but an intellectual and active creative partner that, when fully exploited, could be used to produce wholly new art forms and possibly new aesthetic experiences

Digitalni kompjuteri upotrebljavaju se sada za produkciju muzičkih zvukova i za stvaranje umjetničkih vizualnih slika. Umjetnik ili kompozitor stupa, pomoću komandnog pulta, u direktnu interakciju s kompjuterom. Ovaj članak sadrži istraživanja mogućnosti kompjutera u funkciji umjetničkog medija i neka predviđanja o umjetnosti budućnosti.

Digital computers are now being used to produce musical sounds and to generate artistic visual images. The artist or composer interacts directly with the computer through a console. This article explores the possibilities of the computer as an artistic medium and makes some predictions about the art of the future.

Ideja o stvaranju umjetničkih djela pomoću strojeva može se činiti pomalo čudnovata. Većina ljudi, koji su čuli o eksperimentalnoj upotrebi digitalnih kompjutera u stvaralačkim nastojanjima, vjerojatno nisu tome pripisali neko značenje. Prvo, stvaralaštvo se smatralo nekom osobnom i ponešto tajnovitom domenom čovjeka, a drugo, kao što svaki inžinjer zna, kompjuter može činiti samo ono što mu je programirano, pa će malo tko biti tako velikodušan da to nazove stvaralaštvom.

The notion of creating art works through the medium of machines may seem a little strange. Most people who have heard about the experimental use of digital computers in creative endeavors have probably shrugged them off as being of no consequence. On the one hand, creativity has universally been regarded as the personal and somewhat mysterious domain of man; and, on the one hand, as every engineer knows, the computer can only do what it has been programmed to do—which hardly anyone would be generous enough to call creative.

Uza sve to, umjetnici su bili obično prijemljivi za eksperimentiranje i, štaviše, za preuzimanje stanovitih metoda i naprava koje se temelje na novim znanstvenim i tehnološkim spoznajama. Kompjuteri nisu pri tom nikakva iznimka. Kompozitori, filmski animatori i grafički umjetnici zainteresirali su se u svojim umjetničkim nastojanjima za upotrebu kompjutera. Štaviše, nedavni umjetnički eksperimenti s kompjuterima dali su rezultate koji treba da nas ponukaju na preispitivanje naših koncepcija o stvaralaštvu i strojevima. Neki eksperimenti, opisani u ovom članu, upućuju zaista na to da uska interakcija između umjetnika i kompjutera vodi do posve novog, aktivnog i uzbudljivog umjetničkog medija.

Nonetheless, artists have usually been responsive to experimenting with and even adopting certain concepts and devices resulting from new scientific and technological developments. Computers are no exception. Composers, film animators, and graphic artists have become interested in the application of computers in their creative endeavors. Moreover, recent artistic experiments with computers have produced results that should make us reexamine our preconceptions about creativity and machines. Some of the experiments, described in this article, suggest, in fact, that a tight interaction between artist and computer constitutes a totally new, active, and exciting artistic medium.

kako radi umjetnik?

Postoji anegdota pripisana Henri Matisseu o tome kako treba pristupiti stvaralačkom aktu slikanja. Uzmite čisto bijelo platno, rekao je francuski umjetnik, buljite u nj neko vrijeme, pa onda naslikajte na njemu blještavi crveni krug. Nakon toga ne činite ništa, dok vam se ne desi nešto što će biti isto tako uzbudljivo kao i naslikan crveni krug. Nastavljajte dalje tako i održavajte kroz svaki novi gambit s bojom i kistom prvotno visoko vizualno uzbuđenje oko crvenog kruga.

how does an artist work?

There is an anecdote attributed to Henri Matisse about how to approach the creative act of painting. You take a blank white canvas, the French artist said, and after gazing at it for a while, you paint on it a bright red disk. Thereafter, you do nothing further until something occurs to you that will be just as exciting as the original red disk. You proceed in this way, always sustaining, through each new gambit with the paint and brush, the initial high visual excitement of the red disk.

Ta je anegdota nešto pojednostavljena verzija Matisseove ideje, pa ako je i uzmemo olako, ona nam može biti korisna. Prvo rastjerat će plašt tajnovitosti što lebdi nad djelatnostima osoba koje stvaraju. Ona nam govori nešto konkretno i lako vizualizirano o stvaralačkom procesu, i ističe ulogu neočekivanih ideja za kojima umjetnik teži i za koje on formalno postavlja »zamku« u svoj medij.

Čak i relativno »pasivni« medij — boja, kistovi, platno — sugerirat će umjetniku nove ideje kad mu dođe inspiracija. Otpor platna, ili njegovo elastično popuštanje bojom napunjenu kistu, vizualni šok nepatvorene boje i linije, miris boje, sve će to djelovati na osjećajnost umjetnika. Kad curi boja, ili prividno »slučajni« potez kista, sve to može on smatrati zajedničkim elementima završenog djela. Tako umjetnik istražuje, otkriva i svladava mogućnosti medija. Njegov umjetnički rad je neki oblik igre, ali ta je igra ozbiljna.

Najviše od svega, anegdota o Matisseu tumači da umjetnički rad uključuje u sebi neki oblik »programa«, zamršeniji od onoga što ga iz anegdote možemo naslućivati, određeni program koji djeluje korak po korak. Ne prežući odviše razum, da vidimo što je pravo, mogli bismo to usporediti s računskom tehnikom penjanja na bregove, u kojem umjetnik pokušava na visokom nivou optimizirati ili stabilizirati parametar »uzbuđenje«.

Sada, kad smo progutali tu metaforu, postoji manje nevjerojatna pomisao da se kompjuteri mogu upotrijebiti u različitim slojevima primjene kao aktivni partneri u umjetničkom postupku. No kompjuteri su *novi* medij. Oni nemaju karakteristika boja, kistova i platna. I nije vjerojatno da su »stavovi«, koji niču iz umjetnikove obaveze prema njima, slični stavovima, na primjer, prema uljenim slikama. Interesantno je onda istraživati kako bi se kompjuteri upotrijebili kao stvaralački mediji. Koja se vrsta umjetničkih mogućnosti može razviti upotrebom kompjutera, koji se neprestano razvijaju, da bi dobili još zamršenija i još inteligentnija svojstva?

karakteristike kompjuterskog medija

Način kako se danas upotrebljavaju kompjuteri zadaje umjetnicima stvarne probleme kod upravljanja strojem kao i kod učenja programiranja radi istraživanja mogućnosti koje leže u kompjuteru. Oni to ipak uče, pa je već uspjelo, digitalnim kompjuterima i pripadajućom opremom, proizvoditi muzičke zvukove i vizualne slike.[1–4]

The anecdote is a somewhat simplified version of Matisse's idea, but even if we take it lightly, it can do a number of things for us. For one thing, it dispels some of the sense of mystery that hovers over the procedures of the creative person. It tells us something concrete and easily visualized about the creative process while emphasizing the role of the unexpected ideas for which the artist lies in wait and for which he sets a formal "trap" in his medium.

Even a relatively "passive" medium—paint, brushes, canvas—will suggest new ideas to the artist as he becomes engaged. The resistance of the canvas or its elastic give to the paint-loaded brush, the visual shock of real color and line, the smell of the paint, will all work on the artist's sensibilities. The running of the paint, or seemingly "random" strokes of the brush, may be accepted by him as corporate elements of the finished work. So it is that an artist explores, discovers, and masters the possibilities of the medium. His art work is a form of play, but it is serious play.

Most of all, the Matisse anecdote suggests that the artistic process involves some form of "program," one certainly more complex than the anecdote admits, but a definite program of step-by-step action. Without doing too much violence to our sense of what is appropriate, we might compare it to a computational hill-climbing technique in which the artist is trying to optimize or stabilize at a high level the parameter "excitement."

Once we have swallowed this metaphor, it becomes less improbable to imagine that computers might be used, in varying depths of engagement, as active partners in the artistic process. But computers are a *new* medium. They do not have the characteristics of paints, brushes, and canvas. Nor are the "statements" that grow out of the artist's engagement with them likely to be similar to the statements of, for example, oil paintings. An interesting question to explore, then, is how computers might be used as a creative medium. What kinds of artistic potentials can be evolved through the use of computers, which themselves are continually being evolved to possess more sophisticated and intelligent characteristics?

the character of the computer medium

In the present state of computer usage, artists are certainly having their problems in understanding engineering descriptions and in learning how to program computers in order to explore what might be done with them. However, they *are* learning, and they have already used digital computers and associated equipment to produce musical sounds and artistic visual images.

Vizualne slike izvode se pomoću automatskog plotera kojim upravlja digitalni kompjuter. Ploter se sastoji od katodne cijevi i kamere za fotografiranje slika, koje se »nacrtaju« na ekranu cijevi otklanjanjem elektronskog mlaza. Digitalni kompjuter proizvodi instrukcije za upravljanje automatskog plotera, tako da se sposobnost crtanja slika nalazi pod kontrolom programa. Muzičke zvukove proizvodi kompjuter pomoću digitalne naprave za skidanje zvukova, koji se zatim moraju normalnim digital-u-analog konverterom pretvoriti u analogni oblik.

Za obje umjetničke primjene važan je problem sastavljanje jezika programiranja za specijalne svrhe i potprograma, kako bi umjetnik mogao s kompjuterom komunicirati terminologijom prilično sličnom odnosnoj umjetnosti. Tako je na primjer napisana specijalna muzička kompilacija, pomoću koje kompozitor može označivati zamršene algoritme za produkciju samo jednog zvuka, pa onda taj osnovni zvuk postepeno izgraditi u cijelu kompoziciju. Slična mudrolija upotrijebljena je u specijalnom jeziku koji je razvijen za kompjutersku animaciju, a nazvan je Beflix[5]. Oba uređaja imaju nedostatak što umjetnik mora čekati po više sati između stvarnog odvijanja programa kompjutera i konačnog generiranja slika ili muzičkih zvukova, da bi vidio ili čuo rezultat.

Budući da su trenutačno znanstveni krugovi najveći korisnici kompjutera, to većina opisa i ideja o umjetničkim mogućnostima kompjutera, razumljivo, potječe od učenjaka i inžinjera. Ta se će situacija bez sumnje promijeniti kad kompjuteri postanu pristupačniji umjetnicima, koji su očito kvalificiraniji za istraživanje i razvoj umjetničkih mogućnosti kompjuterskog medija. Na nesreću, inžinjeri i učenjaci obično su previše vezani unutarnjim radom kompjutera, pa stoga zadržavaju konzervativna stanovišta o mogućnostima kompjutera u umjetnostima. Posve je sigurno da je kompjuter elektronski uređaj, koji je kadar izvršavati samo one operacije, što su mu izričito dane na izvedbu. I upravo to obično vodi do mišljenja da je kompjuter doduše moćni alat, ali da nema sposobnosti za ikakovo pravo stvaralaštvo. Ipak, ako je značenje stvaralaštva ograničeno na produkciju nevezanog ili nepredskazanog, onda kompjuter, umjesto da se ukazuje kao stvaralački medij, treba smatrati barem aktivnim i stvaralačkim suradnikom umjetnika.

kompjuteri i stvaralaštvo

Digitalni kompjuteri sastavljeni su od nebrojenih elektronskih dijelova, čija je svrha da gotovo neprekidno preklapaju sitne električne tokove. Unutarnji rad kompjutera upravlja

The visual images are generated by an automatic plotter under the control of the digital computer. The plotter consists of a cathode-ray tube and a camera for photographing the images "drawn" on the tube face by deflections of the electron beam. The digital computer produces the instructions for operating the automatic plotter so that the picture-drawing capability is under program control. Musical sounds are produced by the computer by means of a digital sampled version of the sounds that must then be converted to analog form by a conventional digital-to-analog converter.

For both of these artistic applications, a challenging problem is the composition of special-purpose programming languages and subroutines so that the artist can communicate with the computer by using terminology reasonably similar to his particular art. For example, a special music compiler has been written so that the composer can specify complex algorithms for producing a single sound and then pyramid these basic sounds into a whole composition. A similar philosophy has been used in a special language developed for computer animation called Beflix.[5] Both applications share the drawback that the artist must wait a number of hours between the actual running of the computer program and the final generation of pictorial output or musical sounds when he can see or hear the results.

Since the scientific community currently is the biggest user of computers, most descriptions and ideas about the artistic possibilities for computers have been understandably written by scientists and engineers. This situation will undoubtedly change as computers become more accessible to artists who obviously are more qualified to explore and evolve the artistic potentials of the computer medium. Unfortunately, scientists and engineers are usually all too familiar with the inner working of computers, and this knowledge has a tendency to produce very conservative ideas about the possibilities for computers in the arts. Most certainly the computer is an electronic device capable of performing only those operations that it has been explicitly instructed to perform. And this usually leads to the portrayal of the computer as a powerful tool but one incapable of any true creativity. However, if creativity is restricted to mean the production of the unconventional or the unpredicted, then the computer should instead be portrayed as a creative medium — an active and creative collaborator with the artist.

computers and creativity

Digital computers are constructed from a myriad of electronic components whose purpose is to switch minute electric currents nearly instantaneously. The innermost workings of

se slogom uputa koji se zove program. Premda je kompjuteru tačno određeno kako treba da izvrši pojedinu operaciju, programski jezici višeg stupnja omogućuju nadograđivanje programskih izjava koje se kasnije pomoću specijalnih programa sastavljača proširuju u osnovne kompjuterske zapovijedi. Sastav tih programskih jezika obično je takav da čovjeku kod pisanja kompjuterskog programa dopušta upotrebu riječi i simbola sličnih onima iz njegova vlastitog specijalnog područja. Sve to pokazuje da je kompjuter naprava, sposobna da izvršava zadatke tačno onako kako su programirani.

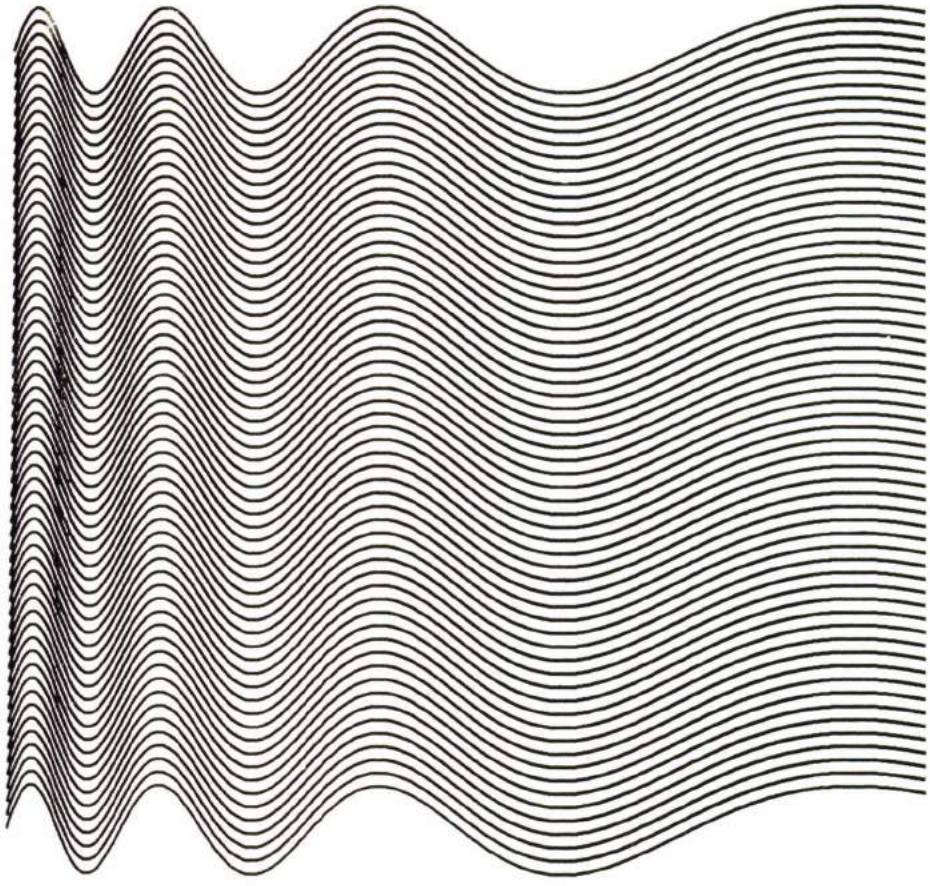
Kako bilo da bilo, kompjuter je toliko izvanredno moćna naprava, da se njime ponekad lako postižu umjetnički efekti, kakvi se uobičajenim umjetničkim tehnikama ne bi mogli postići. Na primjer, računanjem i crtanjem na automatskom ploteru može kompjuter iz dviju perspektivnih slika nekog trodimenzionalnog tijela, snimljenih iz nešto različitih smjerova, generirati trodimenzionalni film novih likova i oblika. Izrada takve trodimenzionalne animacije ili kinetičke skulpture bila bi, ma kojom drugom metodom, odviše mučna. Sposobnost kompjutera da izrađuje sitne detalje omogućuje lukava rješenja i rastezanja bez uobičajene ručne animacije, kao ona koju je izveo Stan Vanderbeek. John Whitney upotrijebio je, pod kontrolom umjetnika, matematske jednadžbe s nekim specifičnim varijablama i tako dobio potpuno nove efekte animacije. Mnogi primjeri »op arta« pokazuju repeticiju uzoraka, koji se obično mogu izraziti vrlo jednostavnim matematskim izrazima. Valoviti oblici reproducirani na prilogu I, slični slici »Struje« od Bridget Riley, generirani su kao paralelne sinusoide s linearno povećanom periodom. Tako mogu kompjuter i ploter eliminirati zamarajući dio u produkciji »op« efekata.

Posve je sigurno da su kompjuteri samo strojevi, ali su oni kadri u djeliću sekunde izvršiti milijune operacija s nevjerojatnom tačnošću. Oni se mogu tako programirati da prema određenim kriterijima pomno odvagnu rezultate raznih alternativa i da u tom smislu djeluju. Tako se u ograničenom smislu može činiti da kompjuter posjeduje inteligenciju[6]. Kompjuteri bi mogli ocjenjivati rezultate prijašnjih izvedbi i promijeniti njihove programirane algoritme radi poboljšanja prijašnjih rezultata; možda bi se kompjuteri mogli programirati i na učenje. Kompjuter je kadar računati serije brojeva koje su u međusobno tako kompliciranom odnosu, da nam se čine kao slučajnosti. Zaista, sve što radi taj stroj mora biti programirano, ali zbog velike brzine kompjutera, njegove nepogrešivosti, velike mogućnosti ocjenjivanja i naknadnog mijenjanja

the computer are controlled by a set of instructions called a program. Although computers must be explicitly instructed to perform each operation, higher-level programming languages enable pyramiding of programming statements that are later expanded into the basic computer instructions by special compiler programs. These programming languages are usually designed so that the human user can write his computer own particular field. All of this leads to the portrayal of the program using words and symbols similar to those of his computer as a tool capable of performing tasks exactly as programmed.

However, the computer is such an extremely powerful tool that artistic efects can sometimes be easily accomplished that would be virtually impossible by conventional artistic techniques. For example, by calculating and drawing on the automatic plotter the perspective projections from two slightly different directions of some three-dimensional object, the computer can generate three-dimensional movies of novel shapes and forms. Such three-dimensional animation, or kinetic sculpture, is far too tedious to perform by any other method. The computer's ability to handle small details has made possible intriguing dissolves and stretches, such as those executed by Stan Vanderbeek, without the tedium of conventional hand animation. Mathematical equations with certain specified variables under the control of the artist have also been used by John Whitney to achieve completely new animation effects. Much of "op art" uses repetitive patterns that usually can be expressed very simply in mathematical terms. The waveforms reproduced in table I, which are like Bridget Riley's painting "Currents," were generated as parallel sinusoids with linearly increasing period. Thus, computer and automatic plotter can eliminate the tedious part of producing "op" effects.

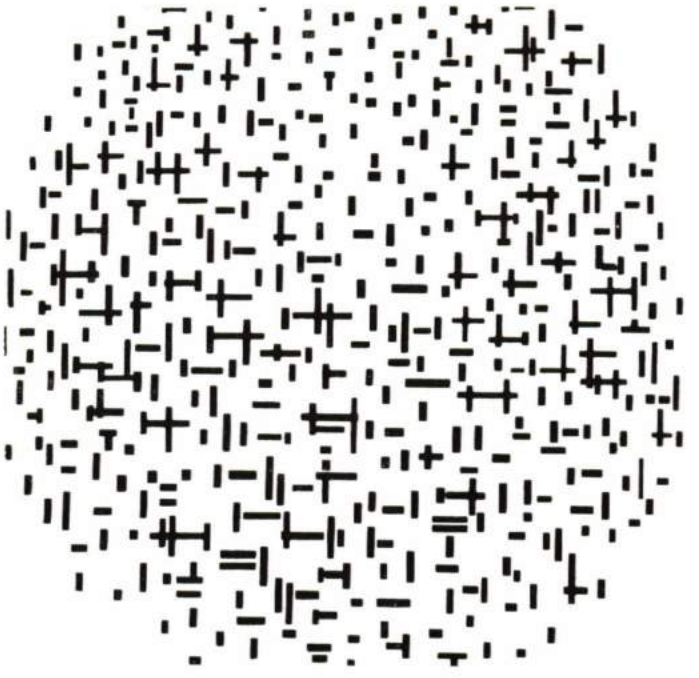
Computers most certainly are only machines, but they are capable of performing millions of operations in a fraction of a second and with incredible accuracy. They can be programmed to weigh carefully, according to specified criteria, the results of different alternatives and act accordingly; thus, in a rudimentary sense, computers can appear to show intelligence.[8] They might assess the results of past actions and modify their programmed algorithms to improve previous results; computers potentially could be programmed to learn. And series of numbers can be calculated by the computer that are so complicatedly related that they appear to us as random. Of course, everything the machine does must be programmed, but because of the computer's great speed, freedom from error, and vast abilities for assessment and subsequent





Ovaj kadar izlučen je iz filma Stana Vanderbeeka koji je upotrebljavao specijalno animirani jezik za programiranje, što ga je izmislio Ken Knowlton. Svaki se kadar sastoji od finih tačaka mozaika, koje su tako kombinirane da tvore željene likove i oblike. Lukava i neobična »rješenja« i »rastezanja« izvode se vrlo lako kompjuterom, dok bi to uobičajenom ručnom tehnikom animacije bilo mučno, ako ne i neizvedivo.

This frame is selected from a movie produced by Stan Vanderbeek using a special animation programming language devised by Ken Knowlton. Each frame consists of a fine mosaic of dots that are combined to make desired shapes and forms. Intriguing and unusual "disolves" and "stretches" that are easily done using the computer would be tedious if not impossible to execute by conventional hand animation techniques.





copyright AMN 1965

Slika gore, »Kompozicija s crtama« (c Rijksmuseum »Kröller-Müller«), reprodukcija je djela holandskog slikara Pieta Mondriana. Slika dolje generirana je digitalnim kompjuterom upotrebom pseudo-slučajnih brojeva sa statistikama približnim Mondrianovoj slici (c A. Michael Noll 1965). Kad su kserografske reprodukcije obiju slika pokazane stotini osoba, 59-orici se više svidjela kompjuterom generirana slika. Samo 28 osoba prepoznalo je Mondrianovu sliku. Vjerojatno su mnogi promatrači pripisali slučajnost ljudskom stvaralaštvu, pa je to kod identifikacije zavaralo.

The picture on the top, »Composition With Lines« (c Rykmuseum-Kröller-Müller), is a reproduction of a work bö the Dutch painter Piet Mondrian. The picture on the bottom was generated by a digital computer using pseudorandom numbers with stastics approximating the Mondrian painting (c A. Michael Noll 1965). When xerographic reproductions of both pictures were shown to 100 subjects, the computer-generated picture was preferred by 59 of them. Only 28 subjects identified the Mondrian painting. Apparently, many of the observers associated randomness with human creativity and were therefore led astray in making the picture identifications.

programa čini nam se da radi nepredskazivo i da mu je produkcija neočekivana. U tom smislu kompjuter preuzima nešto aktivno od stvaralačkog traženja umjetnika. Sugeriraju mu se sinteze, koje on može ali ne mora prihvatiti. Kompjuter posjeduje u najmanju ruku nešto od vanjskih svojstava stvaralaštva.

modification of programs, it appears to us to act unpredictably and to produce the unexpected. In this sense, the computer actively takes over some of the artist's creative search. It suggests to him syntheses that he may or may not accept. It possesses at least some of the external attributes of creativity.

eksperiment mondrian

Koliko je opravdano da se mrtvom stroju pripisuju makar i ove skučene mogućnosti stvaralaštva? Je li stvaralaštvo nešto što se može spojiti samo s proizvodom čovjeka? Nedavno je, 1950, A. M. Turing izrazio uvjerenje »da će se potkraj stoljeća moći govoriti o strojevima koji misle, a da nitko neće tome protusloviti«.[7] Turing je preporučio sada već dobro poznati eksperiment, koji se sastoji od ispitala (interogatora), čovjeka i stroja; ispitalo treba da identificira čovjeka tako da od čovjeka i od stroja traži odgovore na pitanja, ili da oni izvrše neke jednostavne zadatke.

the mondrian experiment

How reasonable is it to attribute even there rudimentary qualities of creativity to an inanimate machine? Is creativity something that should only be associated with the products of humans? Not long ago, in 1950, A. M. Turing expressed the belief that at the end of the century "one will be able to speak of machines thinking without expecting to be contradicted."[7] Turing proposed the now well-known experiment consisting of an interrogator, a man, and a machine, in which the interrogator had to identify the man by asking the man and the machine to answer questions or to perform simple tasks.

Donekle smo se približili Turingovu eksperimentu pomoću slike Pieta Mondriana »Kompozicija s crtama« (1917) i kompjuterski generirane slike, sastavljene od pseudo-slučajnih elemenata, ali uglavnom slične Mondrianovoj slici.[8] Premda je Mondrian, čini se, u svojoj slici postavio vertikalne i horizontalne crte pomno i uredno, crte u kompjuterski generiranoj slici postavljene su prema pseudo-slučajnom generatoru brojeva sa statistikama odabranim tako da bi se približila gustoća, duljini i širini crta u Mondrianovoj slici. Kserografske kopije obiju slika pokazivane su jedna pored druge stotini ljudi s naobrazbom koja se je kretala od gimnazije do postdoktorata: ljudi koji su se našli u jednom velikom istraživačkom laboratoriju činili su posve realan prosjek pučanstva. Postavljeno im je pitanje, koja im se od obiju slika više sviđa i koju je po njihovu mišljenju načinio Mondrian. Pedeset devet posto upitanih smatralo je ljepšom kompjuterski generiranu sliku. Samo 28 posto ispravno je identificiralo Mondrianovu sliku.

A crude approximation to Turing's experiment was perfomed using Piet Mondrian's "Composition With Lines" (1917) and a computer-generated picture composed of pseudorandom elements but similar in overall composition to the Mondrian painting.[8] Although Mondrian apparently placed the vertical and horizontal bars in his painting in a careful and orderly manner, the bars in the computer-generated picture were placed according to a pseudorandom number generator with statistics chosen to approximate the bar density, lengths, and widths in the Mondrian painting. Xerographic copies of the two pictures were presented, side by side, to 100 subjects with educations ranging from high school to postdoctoral; the subjects represented a reasonably good sampling of the population at a large scientific research laboratory. They were asked which picture they preferred and also which picture of the pair they thought was produced by Mondrian. Fifty-nine percent of the subjects preferred the computer-generated picture; only 28 percent were able to identify correctly the picture produced by Mondrian.

Čini se da su ti ljudi uglavnom spojili nepravilnost kompjuterske slike s ljudskim stvaralaštvom, dok im se uredni smještaj crta na Mondrianovoj slici činio mašinski. Taj rezultat zaista ne treba da umanji Mondrianove umjetničke sposobnosti. Napokon, njegova slika bila je ipak inspiracija za algoritme koji su upotrijebljeni za proizvodnju kompjuterski generirane slike, a kako prije 50 godina kompjuter još nije postojao, nije ga Mondrian ni mogao upotrijebiti. Osim toga, moramo priznati da smanjenje originalne slike i njena kserografska reprodukcija umanjuje njezine jedinstvene estetske kvalitete. Ipak, rezultati

In general, these people seemed to associate the randomness of the computer-generated picture with human creativity whereas the orderly bar placement of the Mondrian painting seemed to them machinelike. This finding does not, of course, detract from Mondrian's artistic abilities. His painting was, after all, the inspiration for the algorithms used to produce the computer-generated picture, and since computers were nonexistent 50 years ago. Mondrian could not have had a computer at his disposal. Furthermore, we must admit that the reduction in size of the original painting and its xerographic reproduction degrades its unique aesthetic qualities.

eksperimenta — u svjetlu Turingova eksperimenta — nameću pitanja o značenju stvaralaštva i o ulozi slučajnosti u umjetničkom stvaralaštvu. U nekom smislu mogao bi se kompjuter sa svojim programom smatrati stvaralačkim, premda bi se moglo argumentirati da je ljudsko stvaralaštvo bilo uključeno u prvotni program, a kompjuter ga je samo izvršio kao poslušno oruđe. Taj bi problem možda trebalo dublje istražiti ambicioznijim psihološkim eksperimentima, upotrebom kompjuterski generiranih slika kao stimula.

Nevertheless, the results of the experiment in light of Turing's proposed experiment do raise questions on the meaning of creativity and the role of randomness in artistic creation. In a sense, the computer with its program could be considered creative, although it can be argued that human creativity was involved in the original program with the computer performing only as an obedient tool.
These questions should perhaps be examined more deeply by more ambitious psychological experiments using computer-generated picture as stimuli.

u susret pravovremenoj interakciji

Premda opisani eksperimenti pokazuju da kompjuter ima stvaralačke mogućnosti veće od običnog oruđa, kompjuterski medij je još uvijek ograničen zbog prilično dugog vremenskog razmaka između odvijanja programa kompjutera i izbacivanja grafičke ili akustične produkcije. Ipak je posljednjim tehnološkim razvojem znatno reducirano to vremensko zatezanje, pomoću specijalnih interaktivnih sastavnih elemenata aparature i pomoću jezika programiranja. Suženje povratne sprege čovjek-stroj osobito je važno za umjetnika kojemu je potreban gotovo trenutačni odgovor.

toward real-time interaction

Although the experiments described show that the computer has creative potentialities beyond those of just a simple tool, the computer medium is still restrictive in that there is a rather long time delay between the running of the computer program and the production of the final graphical or acoustic output. However, recent technological developments have greatly reduced this time delay through special interactive hardware facilities and programming languages. This tightening of the man-machine feedback loop is particularly important for the artist who needs a nearly instantaneous response.

Tako je na primjer na muzičkom području bio upotrebljavan elektronski grafički komandni pult za određivanje slikovne sekvence zvukova, koje je sintetizirao kompjuter.[9] Funkcije za amplitude, frekvenciju i trajanje jedne sekvence nota bile su nacrtane svjetlosnom pisaljkom na ekranu katodne cijevi. Prema potrebi kombinirao je kompjuter određene funkcije u skladu s transparentno jednostavnim algoritmima. Tako je kompjuter izračunavao fine pojedinosti kompozicije, a cjelokupni sastav određen je precizno grafičkom partiturom. Povratna sprega izvršena je kompjuterom generiranim zvukovima koje je kompozitor čuo gotovo odmah, tako da je u partituri mogao trenutačno provesti svaku potrebnu promjenu.

For example, in the field of music an electronic graphic console has been used to specify pictorially sequences of sounds that were then synthesized by the computer.[9] Functions for amplitude, frequency, and duration of a sequence of notes were drawn on the face of a cathoderay tube with a light pen. If desired, the computer combined specified functions according to transparently simple algorithms. Thus, the fine details of the composition were calculated by the computer and the overall structure was precisely specified by the graphical score. The feedback loop was completed by the computer-generated sound heard almost immediately by the composer, who could then make any desired changes in the score.

Sličan interaktivni sistem čovjek-stroj predložen je i za koreografiju.[10] U tom sistemu imao bi koreograf kompjuterski generirani trodimenzionalni prikaz kompliciranih figura koje se kreću po pozornici, kako se vidi na str. 61. Koreograf vrši interakciju s kompjuterom utvrđivanjem prostornih trajektorija i pokretanjem figura. Radi umetanja stanovitih finih pojedinosti ili radi davanja novih ideja koreografu na procjenu i ispitivanje, mogli bi se kompjuteru umetati slučajevi i matematski algoritmi.

A similar man-machine interactive system has been proposed for choreography.[10] In this system, the choreographer would be shown a computer-generated three-dimensional display of complicated stick figures moving about on a stage, as shown on page 61. The choreographer interacts and movements of the indicating the spatial trajectories and movements of the figures. Random and mathematical algorithms might be introduced by the computer to fill in certain fine details, or even to give the choreographer new ideas to evaluate and explore.

novi aktivni medij

Iz tih posve novih nastojanja i prijedloga izviru jasno počeci novog stvaralačkog partnerstva i suradnje između umjetnika i kompjutera. Njihov je zajednički nazivnik uska interakcija čovjek-stroj uz upotrebu kompjutera radi generiranja ili muzičkih zvukova ili vizualnih prikazivanja. Kompjuter dobiva stvaralačku ulogu umetanjem slučajnosti ili upotrebom matematskih algoritama za upravljanje određenih aspekata umjetničkog stvaralaštva. Posve je sigurno da je zadaća umjetnika opće upravljanje i davanje pravca stvaralačkom procesu. Umjetnik tako upotrebljava kompjuter kao medij, ali velike tehničke snage i stvaralačke mogućnosti kompjutera izviru iz potpuno nove vrste stvaralačkog medija. To je *aktivni* medij s kojim umjetnik može vršiti interakciju na novoj razini, oslobođen mnogih fizikalnih ograničenja svih prijašnjih medija. Umjetničke mogućnosti takvog stvaralačkog medija u ulozi umjetničkog suradnika zaista su uzbudljive i izazovne.

interaktivni estetski doživljaji (experiences)

U prednjim primjerima sjedio je umjetnik za komandnim pultom kompjutera i ručnim upravljanjem dugmeta ili crtanjem uzoraka na elektronskom vidnom pokazatelju predavao kompjuteru svoje želje. To su vjerojatno efikasne metode saopćavanja određenih tipova instrukcija kompjuteru; ipak bi saopćavanje stvarnog podsvjesnog emotivnog stanja umjetnika moglo dovesti i do novog estetskog doživljaja. Iako se to možda čini pomalo egzotičnim i sumnjivim, moglo bi se umjetnikovo emotivno stanje vjerojatno odrediti kompjuterskom preradom fizikalnih i električnih signala od umjetnika (na primjer puls ili električna aktivnost mozga). Nadalje, mijenjanjem okoline umjetnika vanjskim stimulima, kao što su zvuk, boja i vizualnih likovi, kompjuter bi nastojao da prema nekom određenom kriteriju dođe do maksimalnog estetskog efekta stimula na umjetnika.

Ta interaktivna situacija s povratnom spregom s kontroliranom okolinom bila bi potpuno dinamična. Emotivna reakcija umjetnika postepeno bi se mijenjala, a kompjuter bi reagirao u skladu s tim, ili da stabilizira umjetnikovo emotivno stanje ili da ga provede kroz neki pretprogramirani smjer. Tu dakle postoji, uz upotrebu komunikacije čovjek-stroj na najvišem (ili ako hoćete na najnižem) podsvjesnom nivou, posve novi estetski doživljaj, kao i kompjuterska prerada i optimizacija emotivnih odgovora. Samo digitalni kompjuter bio bi kadar provesti sve prerade informacija i generirati vidove i zvukove upravljane okoline, potrebne za takav

a new active medium

The beginnings of a new creative partnership and collaboration between the artist and the computer clearly emerge from these most recent efforts and proposals. Their common denominator is the close man-machine interaction using the computer to generate either musical sounds or visual displays. The computers acquires a creative role by introducing randomness or by using mathematical algorithms to control certain aspects of the artistic creation. The overall control and direction of the creative process is very definitely the artist's task. Thus, the computer is used as a medium by the artist, but the great technical powers and creative potentialities of the computer result in a totally new kind of creative medium. This is an *active* medium with which the artist can interact on a new level, freed from many of the physical limitations of all other previous media. The artistic potentialities of such a creative medium as a collaborator with an artist are truly exciting and challenging.

interactive aesthetic experiences

In the previous examples the artist sat at the console of the computer and indicated his desires to the computer by manually using push buttons or by drawing patterns on an electronic visual display. There are probably efficient ways of communicating certain types of instructions to the computer; however, the communication of the actual subconscious emotional state of the artist could lead to a new aesthetic experience. Although this might seem somewhat exotic and conjectural, the artist's emotional state might conceivably be determined by computer processing of physical and electrical signals from the artist (for example, pulse rate and electrical activity of the brain). Then, by changing the artist's environment through such external stimuli as sound, color, and visual patterns, the computer would seek to optimize the aesthetic effect of all these stimuli upon the artist according to some specified criterion.

This interactive feedback situation with controlled environment would be completely dynamic. The emotional reaction of the artist would continually change, and the computer would react accordingly either to stabilize the artist's emotional state or to steer it through some preprogrammed course. Here then is a completely new aesthetic experience utilizing man-machine communication on the highest (or lowest, if you will) subconscious levels and computer processing and optimization of emotional responses. Only a digital computer could perform all the information processing and generate the sights and sounds of the controlled

sistem. Ne bi bilo loše da se te ideje nazovu nesvjesni ekspandirajući doživljaj u asocijaciji sa psihodeličnim kompjuterom!

Premda se takva umjetnička shema s povratnom spregom nalazi još u dalekoj budućnosti, čini se da postojeća tehnološka i psihološka istraživanja napreduju u tom smjeru. Na primjer, trodimenzionalna kompjuterski generirana prikazivanja u boji (color displays), koja kao da naoko okružuju čovjeka, zaista se već nalaze u samom području umjetnosti. Elektroencefalogrami ispituju se i studiraju u sitne detalje upotrebom moderne tehnike signalne analize; nije nezamislivo da će se jednog dana naći odnosi tih signala prema emotivnim stanjima čovjeka.

umjetničke konzekvencije

Predskazivanja budućnosti riskantna su jer mogu biti uistinu samo ono što osoba, koja predskazuje, želi da se dogodi. Premda bi pojedinosti trebalo promatrati skeptički, one bi zapravo mogle biti nevažne; ako umjetnost budućnosti pođe smjerovima izloženim ovdje, onda se mogu postaviti neki opći zaključci i tvrdnje koje bi bile neovisne o današnjim pojedinostima.

Esteski doživljaj bit će vrlo individualistički i uključit će samo individualnog umjetnika i njegove interakcije s kompjuterom. Takav način sudjelovanja u stvaralačkom i estetskom promatranju može iskušati i umjetnik i neumjetnik. Zbog velike tehničke i stvaralačke snage kompjutera nije ni umjetniku ni neumjetniku potrebno veliko poznavanje upotrebe različitih medija. »Ideje« umjetnika, a ne njegovo poznavanje tehnike rukovanja medijem, mogle bi biti važan faktor u određivanju umjetničke vrijednosti. Vjerojatno je da bi se mogla pojaviti neka vrsta »građanskog umjetnika«, kako je prikazao Allon Schoener.[11] Interaktivni esteski doživljaj s kompjuterima mogao bi ispuniti znatan dio slobodnog vremena, koje se u velikoj mjeri predskazuje čovjeku budućnosti.

Uloga umjetnika kao majstora stvaraoca ostat će baš zato što će se fizička ograničenja medija razlikovati od tradicionalnih medija, a njegova uvježbanost, odanost i vizualizacija stavit će ga na viši stupanj kontrole umjetničkog promatranja. Kao primjer može se navesti da bi publika mogla vlastitim kompjuterima ponoviti određene snimljene interakcije umjetnika. Pojedinci bi mogli ubaciti određene količine interakcija i modifikacija, ali opći tok interaktivnog promatranja ipak će slijediti umjetnikov model. Tako bi, i to prvi put, umjetnik bio kadar da sa sigurnošću odredi i

environment required for such a scheme. One is strongly tempted to describe these ideas as a consciousness-expanding experience in association with a psychedelic computer!

Although such an artistic feedback scheme is still far in the future, current technological and psychological investigations would seem to aim in such a direction. For example, three--dimensional computer-generated color displays that seem to surround the individual are certainly already within the state of the art. Electroencephalograms are being scrutinized and studied in great detail, using advanced signal analysis techniques; it is not inconceivable that some day their relation to emotional state might be determined.

artistic consequences

Predictions of the future are risky in that they may be really nothing more than what the person predicting would like to see occur. Although the particulars should be viewed skeptically, they actually might be unimportant; if the art of the future follows the directions outlined here, then some general conclusions and statements can be made that should be independent of the actual particulars.

The aestetic experience will be highly individualistic, involving only the individual artist and his interactions with the computer. This type of participation in the creative and aesthetic experience can be experienced by artist and nonartist alike. Because of the great technical and creative power of the computer, both the artist and nonartist are freed from the necessity of strong technical competence in the use of different media. The artist's "ideas" and not his technical ability in manipulating media could be the important factor in determining artistic merit. Conceivably, a form of "citizen--artist" could emerge, as envisioned by Allon Schoener.[11] The interactive aesthetic experience with computers might fill a substantial portion of that great leisure time predicted for the man of the future.

The artist's role as master creator will remain, however, because even though the physical limitations of the medium will be different from traditional media, his training, devotion, and visualization will give him a higher degree of control of the artistic experience. As an example, the artist's particular interactions with the computer might be recorded and played back by the public on their own computers. Specified amounts of interaction and modification might be introduced by the individual, but the overall course of the interactive experience



→

Koreograf će u budućnosti sjediti za komandnim pultom kompjutera i na napravi za promatranje vidjet će ljudske figure stilizirane kao pojednostavljeni likovi kakovi se vide na ovim kadrovima filma koji je generiran pomoću kompjutera. U interakciji s kompjuterom koreograf će moći stvarati svoju plesnu kompoziciju, a možda će izvjesne pokrete prepustiti sugestijama pseudo-slučaja i matematičkih algoritama u kompjuteru.

→

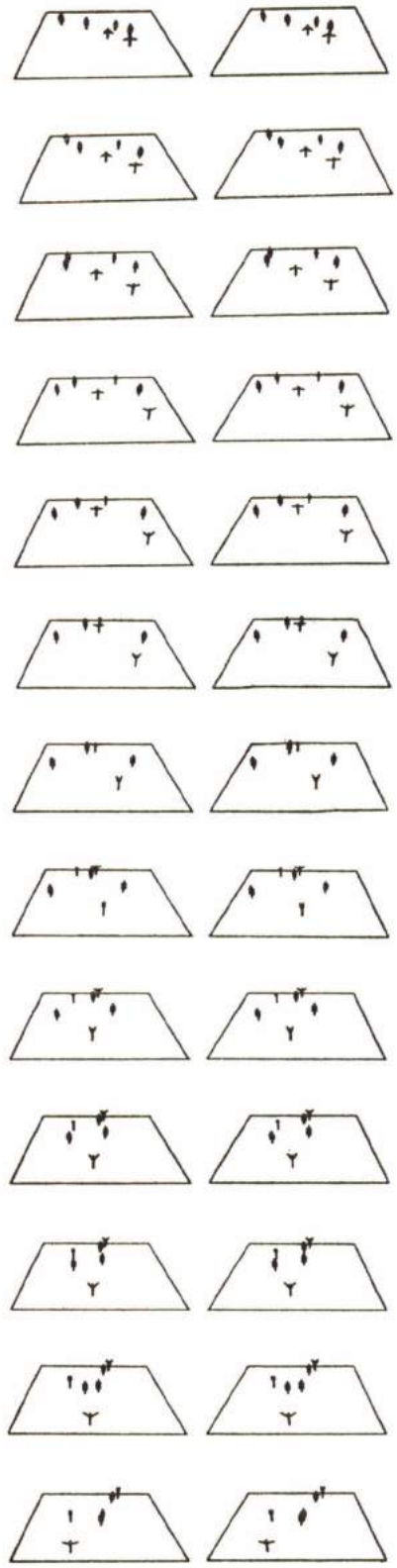
The choreographer of the future might sit at the console of a computer and see a aisplay of human figures stylized by simple stick figures es shown in these frames from a computer-generated movie. By interacting with the computer, the choreographer might create his dance composition, perhaps leaving certain movements to be suggested by pseudorandom and mathematical algorithms within the computer.

←

Ovi kadrovi su lijeve i desne slike 3D para iz kompjuterski generiranog trodimenzionalnog filma. Objekt mijenja slučajnostima svoj oblik tako da bi se to moglo nazvati kinetičkom skulpturom. Za gledanje 3D efekta postavi list papira rubom između stereo para. Namjesti glavu tako da svako oko vidi samo jednu sliku. S malim namještanjem, slike treba da se prividno spoje i pričine trodimenzionalnima.

←

These frames are the left and right images of a 3D pair from a computer-generated three-dimensional movie. The object randomly changes its shape in what might be called a form of kinetic sculpture. To view the 3D effect, place a sheet of paper on edge between a stereo pair. Position your head so that each eye sees only one image. With a bit of adjustment, the images should seem to converge and appear three--dimensional.



kontrolira emotivno stanje svakog pojedinog sudionika. Samo oni aspekti, koje bi umjetnik svojevoljno odredio, mogli bi se prepustiti sudbini ili raspoloženju sudionika. Sve je to moguće, jer bi kompjuter potpomogao emotivno stanje sudionika i mijenjao ga prema uputama umjetnika. Interakcija umjetnika s kompjuterom bila bi nešto novo, jer bi otpala fizička ograničenja starijih medija.

To ne znači da će tradicionalni umjetnički medij nestati; no oni će se svakako naći pod utjecajem tog novog aktivnog medija. Uvođenje fotografije — novog medija prošlog stoljeća — pomoglo je potisnuti portret sa slike, ali nije potisnulo slikarstvo. Bilo bi uzbudljivo promatrati što će novi stvaralački kompjuterski medij učiniti sa svim tim oblicima umjetnosti— slikanjem, pisanjem, plesom, glazbom i filmom. Gotovo bismo se usudili reći da će sadašnji razvoj i naprave na polju komunikacije čovjek-stroj na kraju biti od veće, ili barem od iste koristi u umjetnosti kao što su od koristi za proučavanje znanstvenih problema, čemu su isprva bili namijenjeni.

would still follow the artist's model. In this way, and for the first time, the artist would be able to specify and control with certainty the emotional state of each individual participant. Only those aspects deliberately specified by the artist might be left to chance or to the whims of the participant. All this would be possible because the computer could monitor the participant's emotional state and change it according to the artist's specifications. The artist's interaction with the computer would be of a new order because the physical restrictions of the older media would be eliminated.

This is not to say that the traditional artistic media will be swept away; but they will undoubtedly be influenced by this new active medium. The introduction of photography—the new medium of the last century—helped to drive painting away from representation, but it did not drive out painting. What the new creative computer medium will do to all of the art forms—painting, writing, dance, music, movies—should be exciting to observe. We might even be tempted to say that the current development and devices in the field of man-machine communication, which were primarily intended to give insight into scientific problems, might in the end prove to be far more fruitful, or at least equally fruitful, in the arts.

Bilješke

References

1. MATHEWS, M. V.,
The digital computer as a musical instrument,
Sci., vol. 142, no. 3592, pp. 553—557, Nov. I, 1963.

2. ROCKMAN, A., and MEZEI, L.,
The electronic computer as an artist,
Canadian Art, vol. XXI, pp. 365—367,
Nov./Dec. 1964.

3. NOLL, A. M.,
Computers and the visual arts,
Design Quarterly, no. 66/67, pp. 65—71, 1967.

4. ZAJAC, E. E.,
Computer animation: a new scientific and educational tool,
J. Soc. Motion Picture and Television Eng., vol. 74, pp. 1006—1008, Nov. 1965.

5. KNOWLTON, K. C.,
A computer technique for producion animated movies,
Am. Fed. Infor. Proc. Soc. (AFIPS) Conf. Prec., vol. 25, pp. 67—87, 1964.

6. MINSKY, M. L.,
Artificial intelligence,
Sci. Am., vol. 215, pp. 246—260, Sept. 1966.

7. TURING, A. M.,
Computing machinery and intelligence, Mind,
A quarterly review of psychology and philosophy, vol. 59, N.S., pp. 433—460, Oct. 1950.

8. NOLL, A. M.,
Human or machine: a subjective comparison of Piet Mondrian's ‚Composition with Lines' (1917) and a computer-generated picture,
The Psychological Rec., vol. 16, pp. 1—10, Jan. 1966.

9. MATHEWS, M. V.,
A graphical language for composing and playing sounds and music,
presented at the 31st Conv. of the Audio Engineering Society, Oct. 1966 (preprint no. 477).

10. NOLL, A. M.,
Choreography and computers,
Dance Magazine, vol. XXXXI, pp. 43—45, Jan. 1967.

11. SCHOENER, ALLON,
2066 and all that,
Art in America, vol. 54, pp. 40—43, Mar.—Apr. 1966.

Preveo: Pavao Roth

Preštampano iz IEEE SPECTRUM, Vol. 4, No. 10, October 1967, str. 89—95 Copyright 1967. dozvolom vlasnika autorskih prava.

Reprinted from IEEE SPECTRUM Vol. 4, No. 10, October 1967, pp. 89—95, Copyright 1967, by permison of the copyright owner.

m. r. schroeder

slike
iz kompjutera

m. r. schroeder

bell telephone laboratories, murray hill

images
from computers

Moderni digitalni kompjuteri u kombinaciji s uređajima za ocrtavanje na mikrofilmu mogu izvesti vrlo raznolike slike. Pored obične proizvodnje krivulja, grafikona i etiketa, pomoću specijalnih tehnika mogu se proizvesti prikazi slikovnog materijala u polutonovima pri čemu se pružaju široke mogućnosti primjene u obradi optičkih signala i slikovnog prikazivanja podataka. Među ostalim mogućnostima postoje komponiranje slika iz alfanumeričkih znakova, stvaranje moiré struktura, te kodiranje slika i njihovo vraćanje u stanje slike pomoću optičkih sredstava zahvaljujući upotrebi »ključeva za dekodiranje«, koje proizvodi kompjuter. Kod nekih tehnika programiranja mogu se postići kombinacije različitih vrsta informacija na jednom jedinom optičkom displeju na dosad nepredviđene načine.

Modern digital computers, in conjunction with microfilm plotters, are capable of generating a wide variety of images. Beyond the mere plotting of curves, graphs and labels, special programming techniques can produce half-tone renditions of pictorial material with wide applications in optical signal processing and data portrayal. Other possibilities include the composition of images from alpha-numeric characters, the generation of Moiré patterns and the encryption of images and their recovery by optical means using computer-generated "keys." Some programming techniques allow the combining in a single optical display of different kinds of information in hitherto unforeseen ways.

uvod

Uređaji za ocrtavanje na mikrofilmu (microfilm plotters) spadaju među najkorisnije uređaje za izbacivanje rezultata kod digitalnih kompjutera. U mnogim pogledima još ničim nije premašeno njihovo vrijedno svojstvo proizvodnje permanentnih grafičkih dokumenata. Na žalost, modeli koji se danas koriste ne omogućavaju proizvodnju slike sa stalnom sivom skalom ili »polutonovima«. Međutim, nešto vrlo slično polutonovima može se dobiti pomoću odgovarajućih tehnika programiranja ili »software«. Ovdje ćemo opisati nekoliko programa za dobivanje slika u polutonovima iz uređaja za ocrtavanje na mikrofilmu koje kompjuteri kontroliraju.

Početni stimulans za poduzimanje tog rada bila je želja da se na digitalnom kompjuteru proizvedu spektrogrami govornih glasova. Vrijeme se prikazuje na apscisi, a frekvencija glasova na ordinati, dok se intenzitet spektra očitava na sivoj skali. Jedna od ranih primjena bila je i obrada slika u polutonovima na digitalnim kompjuterima s namjerom da se ukloni zamućenje slike uslijed linearnog gibanja. Općenito uzevši, tehnike programiranja koje se ovdje opisuju od koristi su za ocrtavanje fizičkih, psiholoških i drugih podataka koji iziskuju stalnu prisutnost treće dimenzije radi boljeg vizuelnog predočavanja. Sukcesivno davani dijapozitivi s takvim podacima također se mogu kombinirati u kino predstavu radi iznošenja vremenskih učinaka ili demonstriranja zavisnosti tih podataka o trećoj nezavisnoj varijabli.

Osim što se modernim digitalnim kompjuterima mogu dobiti polutonovi ako se kompjuteri kombiniraju s mikrofilmskim uređajima za ocrtavanje, također se mogu proizvesti vrlo različite slike pored obično ocrtanih krivulja i grafikona. U referatu opisuje se nekoliko takvih primjena uključujući i

introduction

Microfilm plotters are among the most useful output devices of digital computers. Their value in producing permanent graphical records is, in many respects, unsurpassed. Regrettably, presently employed models have no provision for producing images with a continuous gray scale or "half--tones". However, good approximations to half-tones can be obtained by appropriate programming techniques or "software." Several programs for obtaining half-tone images from computer-controlled microfilm plotters are described here.

The original impetus for this work was the desire to produce, on a digital computer, spectrograms of speech sounds with time as abscissa, frequency as ordinate and spectral intensity on a gray scale. Another early application was the processing of half-tone pictures on digital computers in order to remove linear motion blur. In general, the programming techniques described here are useful for plotting physical, psychological or other data which require a continuous third dimension for better visualization. Successive frames of such data can also be combined into a cinematographic representation to exhibit temporal effects or the dependence of the data on a third independent variable.

In addition to the realization of half-tones by software, modern digital computers, in conjunction with microfilm plotters, can produce a wide variety of images beyond the mere plotting of curves and graphs. Several such applications are described in this paper, including the composition of

komponiranje slika iz alfanumeričkih znakova, proizvodnja moiré struktura i kodiranja slika i njihovo vraćanje u stanje slike pomoću optičkih pomagala, pri čemu se upotrebljavaju »ključevi za dekodiranje« koje daju kompjuteri.

images from alpha-numeric characters, the generation of Moiré patterns and the encryption of images and their recovery by optical means using computer-generated "keys."

osnovna svojstva mikrofimskog uređaja za ocrtavanje

Osim svog svojstva reprodukcije alfanumeričkih znakova, uređaji za ocrtavanje na mikrofilmu mogu izrađivati crteže od pravaca. Ti crteži stvaraju se na ekranu katodne cijevi u kojoj zraka elektrona izaziva svjetlost na tačci kojoj položaj određuje kompjuter. Kod jednog uređaja, tačnije, kod uređaja Stromberg-Carlson Model 4020 zraka se može usmjeravati, pa prema tome i položaj osvijetljene tačke, u 2^{10} diskretnih horizontalnih položaja i u 2^{10} vertikalnih položaja. Pravci, krivulje, rasteri i druge grafičke strukture dobivaju se uzastopnim osvjetljavanjem tačaka. Za vrijeme tog procesa fosforescirajući ekran fotografira se kroz dulje ekspozicije. Kod modela Stromberg-Carlson 4020 intenzitet rasvjete različit od nulte vrijednosti ne može se varirati pod kontrolom kompjutera. Stoga su razni dijelovi površine filma ili neprozirne ili prozirne a da se ne javljaju nikakve značajne međuvrijednosti optičke propusnosti svjetla.

basic capabilities of microfilm plotters

In addition to the capability of reproducing alpha-numeric characters, microfilm plotters can make line drawings. These drawings are produced on the screen of a cathode ray tube whose electron beam produces a luminous point whose position is controled by the computer. In one device, the Stromberg-Carlson Model 4020, the beam direction, and therefore the location of the illuminated point, can take on 2^{10} discrete horizontal positions and 2^{10} vertical positions. Straight lines, curves, grids and other graphical patterns are obtained by successive illumination of points. During this process, the phosphorescent screen is photographed in time--exposure manner. In the Stromberg-Carlson 4020, the nonzero intensity of the illumination cannot be varied under computer control. Thus, different film areas are either opaque or translucent without significant intermediate values of optical transmittance.

U novom modelu uređaja Stromberg-Carlson 4060 s finoćom razlučivanja od $2^{12} \times 2^{12}$ tačaka, jačina svjetlosti pojedinačnih tačaka može se kontrolirati pomoću kompjutera na 4 zasebna nivoa. Uređaji za ocrtavanje sa kontinuiranom ili gotovo kontinuiranom skalom svjetlosti ipak se još ne mogu dobiti.

In a late model microfilm plotter, the Stromberg--Carlson 4060 with a resolution of $2^{12} \times 2^{12}$ points, the brightness of individual points can be controlled by the computer in 4 discrete levels. Plotters with a continuous or near-continuous brightness scale, however, are still not available.

Učinci diskretnosti nivoa jačine svjetlosti prikazani su na slikama 1. i 2. Slika 1. prikazuje reprodukciju originalne fotografije, a slika 2. rezultat mikrofilmskog uređaja za ocrtavanje SC 4020. Rezultat je dobiven pod kontrolom digitalnog kompjutera IBM 7094. Slika 2. dobivena je ovako: optička propusnost svjetla u original dijapozitiva (sl. 1) izmjerena je i uzorkovana na ukupno 1024×1024 tačaka unutar pačetvorastog rastera, i energija je izmjerena u kvantima na 2048 diskretnih nivoa. Slikovne informacije dobivene uzorkovanjem i mjerenjem u kvantima registrirane su na digitalnoj magnetskoj vrpci i uvedene u kompjuter. Kompjuter je programiran da osvijetli izvjesnu tačku na rasteru na mikrofilmskom uređaju za ocrtavanje u slučaju kad odgovarajuća optička propusna moć u originalu premaši zadani prag. Na slici 2. vidi se reprodukcija rezultirajuće crno-bijele slike koja nema nikakvih prijelaznih vrijednosti u sivom. Taj način reproduiranja slike od koristi je, naravno, u ograničenoj mjeri, a naročito kad se radi o grafičkoj prezentaciji koja maksimalno zavisi o bogatoj skali sivoga.

The effect of discreteness of brightness levels are illustrated in Figs. 1 and 2. Figure 1 shows a reproduction of an original photograph and Fig. 2 the output of an SC 4020 microfilm plotter under control of an IBM 7094 digital computer. Figure 2 was obtained as follows: the optical transmittance of the original transparency (Fig. 1) was measured and sampled at 1024×1024 points in a square grid, quantized to 2048 discrete levels. The sampled and quantized picture information was recorded on digital magnetic tape and fed into the computer. The computer was programmed to expose a point in the grid of the microfilm plotter grid if the corresponding optical transmittance in the original exceeded a fixed threshold. A reproduction of the resulting black-and-white picture with no intermediate gray values is shown in Fig. 2. The usefulness of this mode of image reproduction is, of course, limited, especially for graphic representations which depend critically on a many-valued gray scale.

višestruka ekspozicija

To je jedna od metoda za dobivanje prijaznih vrijednosti boje u sivom ili polutonova. Višestruka ekspozicija pojedinih tačaka rastera mikrofilmskog uređaja za ocrtavanje rezultira različitim optičkim gustoćama ili propusnom moći mikrofilma. Pored toga optička propusnost kod svake pojedine tačke raste, ako raste broj ekspozicija uslijed sve jače vidljive »aureole« koja okružuje svaku tačku.

Postoji logaritamski izraz koji je od koristi, a često je i adekvatan, koji približno izražava zavisnost optičke propusne moći T dvostrukog filma koji se obično upotrebljava na mikrofilmske uređaje za ocrtavanje od broja ekspozicija n:

$$T(n) = (T_{max} - T_{min}) \cdot \log_N (1 + n) + T_{min}, \quad n = 0,1, \ldots, N-1 \qquad (1)$$

gdje je N — 1 maksimalni broj ekspozicija, a T_{max} odgovarajuća maksimalna propusna moć mikrofilmskog dijapozitiva. T_{min} je propusna moć neekspaniranog filma (n = 0).

Matematički je zgodan izraz za standardiziranu propusnu moć:

$$t = \frac{T - T_{min}}{T_{max} - T_{min}}$$

Zato ćemo se tim izrazom ovdje služiti. Ako jednadžbu 1. povežemo sa ovim izrazom za standardiziranu propusnu moć tada dobivamo:

$$t(n) = \log_N (1 + n), \qquad n = 0,1 \ldots, N-1 \qquad (2)$$

Tako t raste od 0 do 1 dok n raste od 0 do N — 1. Tačnost aproksimativne jednadžbe 2 za dani dvostruki film, razvijač i optički sistem zavisi o zatvaraču F (koji se može ručno podesiti), a koji se upotrebljava u kameri mikrofilmskog uređaja za ocrtavanje. Dobri su rezultati postignuti s postavama koje daju propusnu moć za pojedinu ekspoziciju od t(1) = 0,3 što odgovara do N = 10. Ostale vrijednosti od N također su uspješno iskorištene u rasponu od 6 do 100.

Na slici 3. prikazana je na mikrofilmskom uređaju za ocrtavanje fotografije prikazane na slici 1. pri čemu je upotrijebljena višestruka ekspozicija od N — 10. Nasuprot binarno vrednovanoj crno-bijeloj prezentaciji slike 2, koja podsjeća na silhuetu, ovdje je dobivena lakše raspoznatljiva replika originala. Međutim, diskretno mjerenje nivoa u kvantima koje se odnosi na propusnu moć izaziva pojavu stranih kontura koje nisu zastupljene u originalu. U narednim poglavljima opisano je više strategija za izbjegavanje nastajanja takvih kontura.

multiple exposure

One method of obtaining intermediate gray values or "half-tones" is *multiple exposure* of the individual points in the grid of a microfilm plotter, resulting in different optical densities or transmittances of the microfilm. In addition, the optical transmittance associated with each point increases with increasing number of exposures because of a growing halo surrounding each point.

A useful, and for many purposes adequate, approximation to the dependence of the optical transmittance T of the reversal film customarily used in microfilm plotters on the number of exposures n is given by the following logarithmic law:[1]

$$T(n) = (T_{max} - T_{min}) \cdot \log_N (1 + n) + T_{min}, \quad n = 0, 1, \ldots, N-1 \qquad (1)$$

where N—1 is the maximum number of exposures and T_{max} is the corresponding maximal transmittance of the microfilm transparency. T_{min} is the transmittance of the unexposed film (n=0).

For mathematical convenience, a normalized transmittance

$$t = \frac{T - T_{min}}{T_{max} - T_{min}}$$

will be used here. In terms of this normalized transmittance Eq. (1) reads as follows:

$$t(n) = \log_N (1 + n), \qquad n = 0, 1, \ldots, N-1. \qquad (2)$$

Thus t increases from 0 to 1 as n increases from 0 to N—1. The accuracy of the approximation (2) for a given reversal film, developer and optical system depends on the (manually adjustable) F-stop setting used in the camera of the microfilm plotter. Good results have been achieved with settings that result in transmittances for single exposures of $t(1) \doteq 0.3$ corresponding to N=10. Other values of N, in the range from 6 do 100, have also been used successfully.

Figure 3 shows a microfilm plotter reproduction of the photograph shown in Fig. 1 using multiple exposure with N—10. In contrast to the binary-valued black-and-white, "silhouette"-like, representation of Fig. 2, a more recognizable replica of the original is obtained. However, the discrete quantization levels of the transmittance give rise to extraneous contours not present in the original. In the following sections several strategies for avoiding there contours are described.

strategija probabilističke interpolacije

U cilju eliminiranja nepoželjnih kontura između područja s različitim diskretnim ekspozicijama, može se upotrijebiti slijedeća strategija probabilističke interpolacije.
Prema jednadžbi 2 »ispravni« broj ekspozicija n_i za danu tačku u originalnoj slici pronalazi se inverzijom jednadžbe 2:

$$n_i = N^{t_i} - 1, \qquad (3)$$

gdje je t_i propusnost koja odgovara jačini svjetla originala u tačci 1.

Broj potrebnih ekspozicija n_i nije integral osim specijalne vrijednosti t_i, pa se zato ne može izvršiti. Zaokružujući vrijednost n_i na najbliži integral dobit će se slika s konturama poput onih na slici 3. Radi izbjegavanja pojave tih kontura primjenjuje se *probabilističko zaokruživanje* gdje je broj ekspozicija dan jednadžbom:

$$\tilde{n}_i = [n_i + r_i] = [N^{t_i} - 1 + r_i], \qquad (4)$$

Ovdje su r_i nezavisne uniformne slučajne varijable u rasponu od 0 do 1 i odabiru se nezavisno za svaku tačku slike. $[n_i + r_i]$ označuje najveći integral koji nije veći od $n_i + r_i$.

U jednadžbi (4) $n_i = 4{,}7$ je na primjer, $\tilde{n}_i = 4$ uz vjerojatnost 0,3, i $n_i = 5$ uz vjerojatnost 0,7.

Na slici 4. prikazana je reprodukcija rezultata u mikrofilmu koji je dobiven na taj način, zahvaljujući primjeni 10 diskretnih vrijednosti ekspozicija ($n = 0, 1, 2, \ldots, 9$). Probabilistički odnos između pravilne propusnosti t_i i stvarne održava se u »sivoći« dobivene slike. Ta sivoća još više dolazi do izražaja pri djelomičnom povećanju što se vidi na slici 5. Slika 5. još ilustrira »mozaičnu« strukturu mikrofilmske slike tj. njen sastav od brojnih zasebnih tačaka. Uslijed fotografskog zrna oblik tačaka je prilično nepravilan.

Očito je da takva probabilistička procedura za dobivanje polutonova nije najbolja procedura, iako je prikladna za upotrebu i adekvatna brojnim namjenama, kad se želi dobiti minimalna veličina »zrna« i maksimalno oštro vidjeti prostor. Deterministčke strategije trebaju biti znatno bolje u te svrhe. Stoga je razrađena opća deterministička strategija ocrtavanja, te je opisana u slijedećem poglavlju.

strategija determinističke interpolacije

Strategija razmatrana u ovom poglavlju bazira se na uvjetu da propusnost između susjednih tačaka t_i kod mikrofilmskog dijapozitiva treba odgovarati što je moguće više propusnosti originalne slike p_0:

probalistic interpolation Strategy

In order to eliminate undersirable contours between regions of different discrete exposures, the following probabilistic interpolation strategy may be employed.
According to Eq. (2), the "correct" number of exposures n_i of a given point in the original image is found by inverting

$$n_i = N^{t_i} - 1, \qquad (3)$$

where t_i is the transmittance corresponding to the brightness of the original at point i.

Except for special values of t_i, the number of required exposures n_i is not an integer and can therefore not be executed. By rounding off n_i to the nearest integer a picture with contours such as Fig. 3 will result. In order to avoid these contours, *probabilistic rounding* is employed, in which the number of exposures is given by:

$$\tilde{n}_i = [n_i + r_i] = [N^{t_i} - 1 + r_i], \qquad (4)$$

where the r_i are independent uniform random variables in the range 0 to 1, chosen independently for each picture point. $[n_i + r_i]$ denotes the largest integer not greater than $n_i + r_i$.

With Eq. (4) and $n_i = 4.7$, for example, $\tilde{n}_i = 4$ with probability 0.3 and $n_i = 5$ with probability 0.7.

Figure 4 shows a reproduction of a microfilm output obtained in this way using 10 discrete values of exposure ($n = 0, 1, 2, \ldots, 9$). The probabilistic relation between the correct transmittance t_i and the actual one is reflected in the "graininess" of the resulting image. This graininess is seen even better in the partial enlargement shown in Fig. 5. Figure 5 also illustrates the "mosaic" structure of the microfilm image, i.e., its composition of many individual dots. Because of photographic grain, the dots are shaped rather irregularly.

It is evident that such a probabilistic procedure for obtaining half-tones, although convenient to use and adequate for many purposes, is not the best method if minimum "grain" and maximum spatial resolution are desired. In these respects, deterministic strategies should be superior. A general deterministic plotting strategy was therefore designed as described in the following section.

deterministic interpolation strategy

The strategy considered in this section is based on the requirement that a given spatial average of the transmittances t_i of adjacent points in the microfilm transparency correspond, as closely as possible to the transmittance of the original picture p_0:



Sl. 1. Fig. 1.



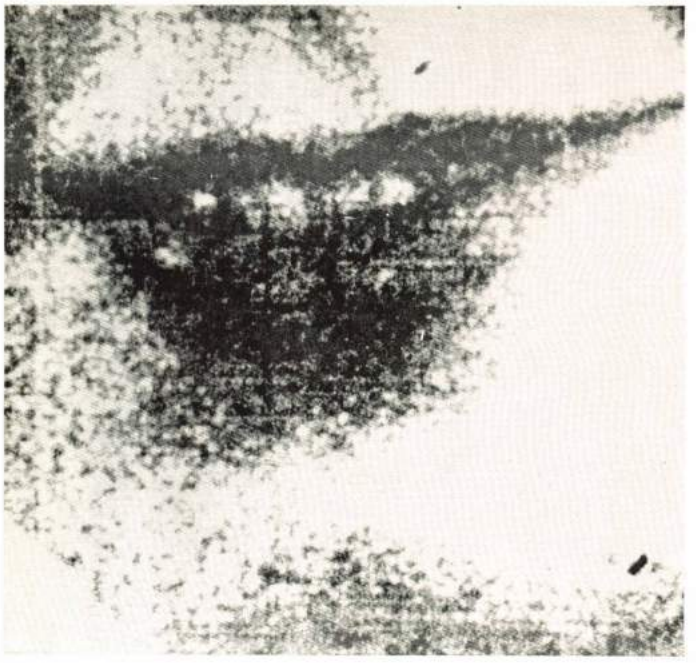
Sl. 2. Fig. 2.



Sl. 3. Fig. 3.



Sl. 4. Fig. 4.

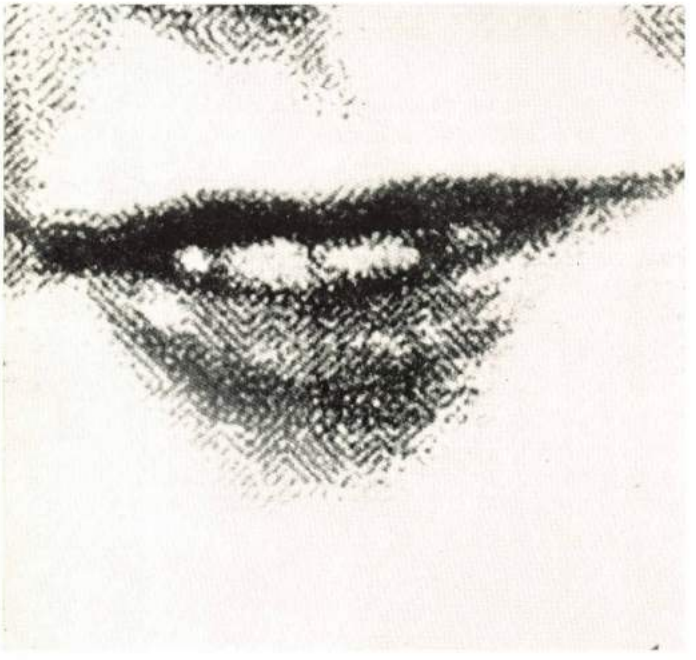


Sl. 5. Fig. 5.



Sl. 6. Fig. 6.

Copyright 1968 Bell Telephone Laboratories



Sl. 7. Fig. 7.

Copyright 1968 Bell Telephone Laboratories



Sl. 8. Fig. 8.

$$\frac{1}{\Sigma\alpha_i}\sum_{i=0}^{K-1}\alpha_i\tilde{t}_i \doteq q_0, \qquad (5)$$

gdje su α_i koeficijenti težine prostora ($\alpha_0 = 1$). K je broj tačaka preko kojih se ostvaruje prostorni prosjek.

Jednadžba 5. upotrebljava se u strategiji sekvencionog ocrtavanja ovako: tačke $i = 1, 2, \ldots, K-1$ već su ocrtane.

Prema tome su tačke na mikrofilmu $\tilde{t}_i$ za $i = 1, 2, \ldots, K-1$ poznate osim što je poznata i propusnost p_0 kod originala.

Zatim se jednadžba 5. koristi za određivanje vrijednosti $\tilde{t}_0$ i odgovarajućeg broja ekspozicija.

Razriješivši jednadžbu 5. dobivamo za $\tilde{t}_0$:

$$\tilde{t}_0 \doteq t_0$$

gdje je t_0 definiran pomoću:

$$t_0 = p_0\Sigma\alpha_i - \sum_{i=1}^{K-1}\alpha_i\tilde{t}_i \qquad (6)$$

Slijedeći korak je pronalaženje broja ekspozicija n_0 koji izaziva propusnost jednaku t_0. Međutim to nije, općenito uzevši, moguće jer je n_0 ograničen na integralne vrijednosti. »Najbolje« što možemo učiniti je da odaberemo neku integralnu vrijednost za n_0 koja je što je moguće bliža traženoj vrijednosti. Tu vrijednost za n_0 dobivamo pomoću izraza:

$$n_0 = [N^{t_0} - \tfrac{1}{2}] \qquad (7)$$

Odgovarajuća stvarna propusnost $\tilde{t}_0$ tada iznosi (v. jednadžbu 2):

$$\tilde{t}_0 = \log_N(1 + n_0) \qquad (8)$$

Pošto se pronađe broj ekspozicija n_0 za $i = 0$ na taj način i pošto se iskalkulira odgovarajući $\tilde{t}_0$ po jednadžbi 8, kalkuliranje se nastavlja u slijedećem koraku pomoću jednadžbi 6 i 7, 8 nanovo pri čemu se indeks i umanjuje za jedan.

Slika 6. pokazuje reprodukciju rezultata u mikrofilmu dobivenog na ovaj način za odabiranje koeficijenata težine α_i koji odgovaraju prostornom prosjeku na 9 tačaka poredanim u četverokutnom poretku s po tri tačke u jednom redu kako se vidi:

$$\{\alpha_i\} = \begin{matrix} .25 & .35 & .5 \\ .35 & .5 & .7 \\ .5 & .7 & 1.0 \end{matrix}$$

Koeficijenti u izrazu 9 bili su odabrani asimetrično pa je »posljednji« koeficijent (donji desno) najveći radi poboljšanja stabilnosti sekvencione operacije.

$$\frac{1}{\Sigma\alpha_i}\sum_{i=0}^{K-1}\alpha_i\tilde{t}_i \doteq q_0, \qquad (5)$$

where the α_i are the spatial weighting coefficients ($\alpha_0 = 1$). K is the number of points over which the spatial average is performed.

Equation (5) is used in a sequential plotting strategy as follows: points $i = 1, 2, \ldots, K-1$ have already been plotted. Thus, in addition to the transmittance p_0 of the original, those of the microfilm $\tilde{t}_i$ for $i = 1, 2, \ldots, K-1$ are known.

Equation (5) is then used to determine $\tilde{t}_0$ and the corresponding number of exposures.

Solving Eq. (5) for $\tilde{t}_0$ yields

$$\tilde{t}_0 \doteq t_0$$

where t_0 is defined by

$$t_0 = p_0\Sigma\alpha_i - \sum_{j=1}^{K-1}\alpha_i\tilde{t}_i \qquad (6)$$

The next stage is to find the number of exposures n_0 that gives rise to a transmittance equal to t_0. However, this is not, in general, possible because n_0 is limited to integer values. The "best" we can do is to pick an integer value for n_0 that is as close as possible to the required value. This value of n_0 is given by

$$n_0 = [N^{t_0} - \tfrac{1}{2}] \qquad (7)$$

The corresponding actual transmittance $\tilde{t}_0$ is then (see Eq. (2)):

$$\tilde{t}_0 = \log_N(1 + n_0). \qquad (8)$$

After the number of exposures n_0 for $i = 0$ has been found in this manner and the corresponding $\tilde{t}_0$ calculated with Eq. (8), the calculation proceeds to the next point using Eqs. (6), (7) and (8) over again with the index i diminished by one.

Figure 6 shows a reproduction of a microfilm output obtained in this manner for a choice of weighting coefficients α_i corresponding to a spatial average over 9 points in a 3×3 square array as shown below:

$$\{\alpha_i\} = \begin{matrix} .25 & .35 & .5 \\ .35 & .5 & .7 \\ .5 & .7 & 1.0 \end{matrix} \qquad (9)$$

The coefficients (9) were chosen asymmetrically, with the "last" coefficient (lower right) being the largest, to improve stable sequential operation.

Očekivana redukcija veličine zrna na slici 6. u usporedbi s onom na slici 4. lako je uočljiva. Povećanje zone blizu usnice (sl. 7) pokazuje dosta zanimljivu »tehniku kista« u kompjutera, a u skladu je s pravilima pridržavanja prosjeka i kvantizacije koja smo opisali.

The expected reduction in graininess in Fig. 6, compared to Fig. 4, is easily noticed. A blow-up of the area near the lips (Fig. 7) shows a rather interesting "brush technique" employed by the computer in obeying the averaging and quantization rules specified above.

primjena na restauriranje slika

Strategija ocrtavanja što smo je upravo opisali korištena je kod brojnih restauriranja slika i programa obrade koji su simulirani na velikom digitalnom kompjuteru (Ge 645). Primjena mikrofilmskog uređaja za ocrtavanje u kombinaciji s metodama za ocrtavanje, kojima se dobivaju slike u polutonovima, dovela je do izvanredno brzog dobivanja slika s naličja iz kompjuterskog centra.

application to image restoration

The plotting strategy just described has been used in a variety of image restoration and processing schemes which were simulated on a large digital computer (Ge 645). The use of a microfilm plotter, in conjunction with plotting methods for producing half-tone pictures, has resulted in exceedingly rapid turn-around times from the computation center.

Na slici 8. vidi se fotografija dobivena iz originala (sl. 1) pomoću zamućivanja linearnim pomicanjem. (Smjer pomicanja je horizontalan a razdaljina zamućivanja odgovara 1/8 od ukupne širine slike.)

Figure 8 shows a photograph obtained from the original (Fig. 1) by linear motion blur. (The direction of the blur is horizontal and the blurring distance corresponds to 1/8 of the total width of the picture.)

Dobra replika originala, na slici 9, rekonstruirana je iz zamućene slike metodom koja je opisana na drugom mjestu[2]. Za proces rekonstrukcije originala korišteno je samo znanje o zamućenoj slici koja se vidi na slici 8.

A respectable replica, Fig. 9, of the original was reconstructed from the blurred image by a method described elsewhere.[2] Only knowledge of the blurred image as shown in Fig. 8 was used in the reconstruction process.

o promjeni na teoriju brojeva

Grafičko prikazivanje može biti važno pomagalo za razumijevanje kompleksnih fenomena. Skrivene strukture mogu se često izvući na vidjelo pomoću odgovarajućeg grafičkog displeja, čak i u područjima istraživanja i ljudske aktivnosti koja se ne smatraju primarno grafička po prirodi. Na slikama 10. i 11. ilustriran je grafički jedan primjer teorije brojeva.

an application to number theory

Graphic representation can be an important tool in the understanding of complex phenomena. Hidden structures can often be brought out by appropriate graphical display, even in areas of research and human activity which are not thought of as primarily graphical in nature. An example of graphical representation in number theory is illustrated in Fig. 10 and 11.

Slika 10. prikazuje teoretsku funkciju broja definiranu kao $f(x, y) = 1$ ako su x i y relativno cijeli brojevi i $f(x, y) = 0$ ako x i y imaju zajednički divizor veći od 1. Apscisa na slici 10. odgovara x u rasponu od 1 do 256, a ordinata odgovara y u istom rasponu. Funkciju $f(x, y)$ izračunao je digitalni kompjuter, a slika 10. dobivena je iz mikrofilmskog uređaja za ocrtavanje na njegov uobičajeni način (binarni) ocrtavanja ili neocrtavanja pri čemu tačka ovisi o tome jesu li koordinate relativno cijele ili ne.

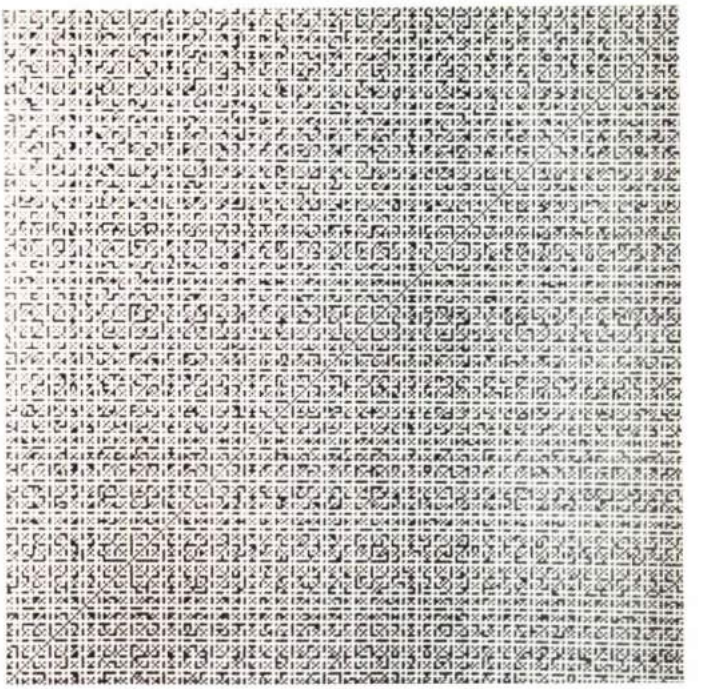
Figure 10 shows the number theoretic function defined by $f(x,y) = 1$ if x and y are relatively prime, and $f(x,y) = 0$ if x and y have a common divisor greater than one. The abscissa in Fig. 10 corresponds to x in the range 1 to 256 and the ordinate to y in the same range. The function $f(x,y)$ was computed on a digital computer and Fig. 10 was obtained from a microfilm plotter in its customary (binary) mode of plotting or not plotting a point depending on whether its coordinates were relatively prime or not.

Dio ocrtanih tačaka (oko 60% njih) prilično malo ovisi o x i y i dobro se poklapa s asimptotskom gustoćom relativno cijelih parova koja je dana izrazom $6/\pi^2 = 0{,}608\ldots$ (recipročno Riemanovoj funkciji teze 2).

The fraction of points plotted (about 60%) is fairly independent of x and y and corresponds closely to the asymptotic density of relative prime pairs given by $6/\pi^2 = 0.608\ldots$ (the reciprocal of Riemann's ζ-function of argument 2).

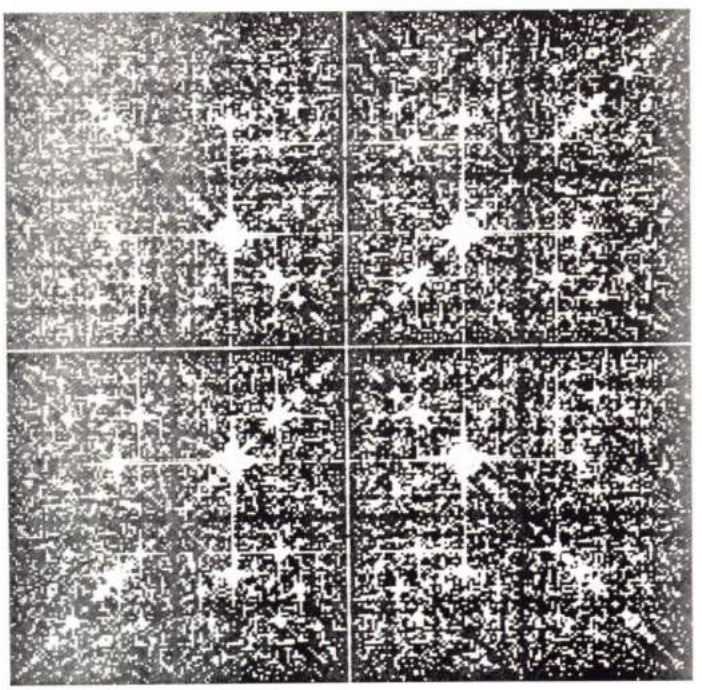


Sl. 9. Fig. 9.



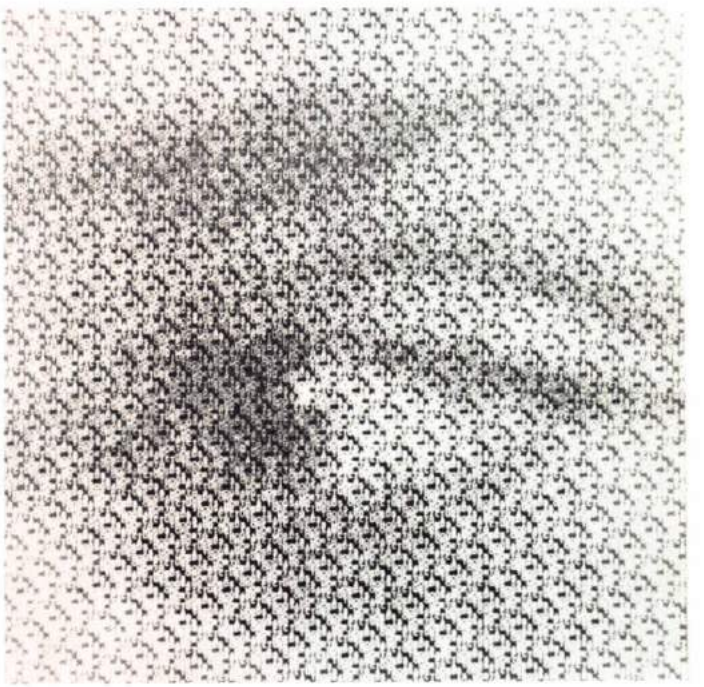
Sl. 10. Fig. 10.

Copyright 1968 Bell Telephone Laboratories



Sl. 11. Fig. 11.

Copyright 1968 Bell Telephone Laboratories

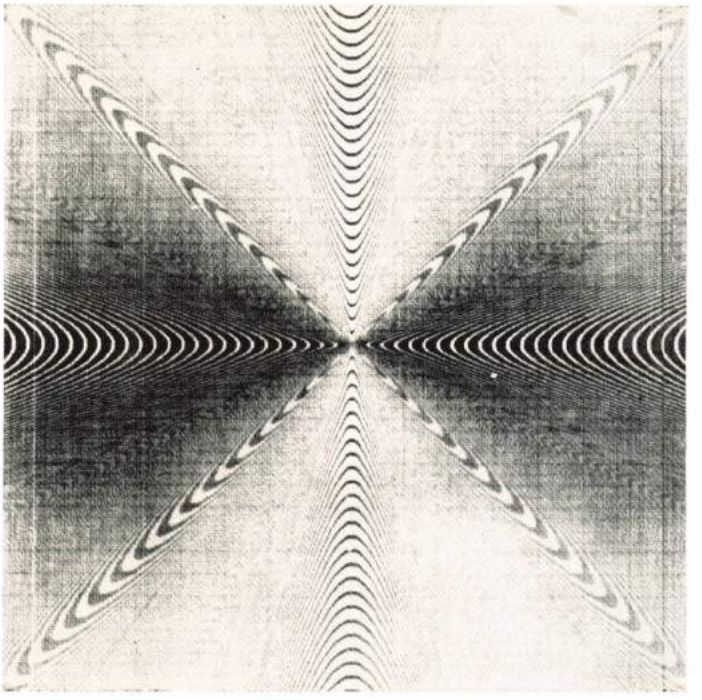


Sl. 12. Fig. 12.

Copyright 1968 Bell Telephone Laboratories



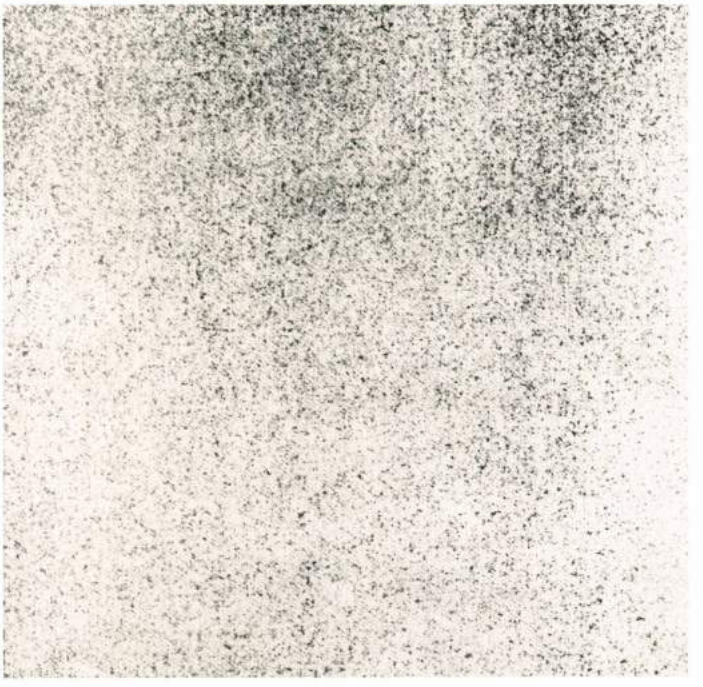
Sl. 13. Fig. 13. *Copyright 1968 Bell Telephone Laboratories*



Sl. 14. Fig. 14. *Copyright 1968 Bell Telephone Laboratories*



Sl. 15. Fig. 15. *Copyright 1968 Bell Telephone Laboratories*



Sl. 16a. Fig. 16a.

Nakon pobližeg ispitivanja slika 10. otkriva mnoge zanimljive geometrijske oblike gdje neki predstavljaju dobro poznate teoretske teoreme pa su stoga lako razumljive. Međutim mnogi oblici i strukture vidljivi na slici 10. nemaju nikakvih teoretskih korelacija.

Fourijeova dvodimenzionalna transformacija funkcije f(x,y), kako smo je već definirali, pruža još jedan zanimljiv pogled na distribuciju relativnih cijelih parova, a naročito na izvjesne periodički pravolinijske oblike. Slika 11. pokazuj spektar (veličinu Fourijeove transformacije) funkcije f(x,y) s ishodištem u sredini slike. Primijenjena je višestruka ekspozicija za predstavljanje različitih vrijednosti spektra 3.

Kao što se i očekuje, spektar relativno cijelih brojeva simetričan je oko dviju dijagonala koje se sijeku pod 45°. Osim toga spektar može izgledati gotovo simetričan u blizini apscise i ordinate. Istaknute »zvijezde« na slici 11. odražavaju periodičnost u distribuciji parova cijelih brojeva koji su, premda prisutni, ipak jedva vidljivi na slici 10.

primjena alfanumeričkih znakova i drugih simbola za prezentiranje sive skale

»JEDNA SLIKA VRIJEDI KAO TISUĆU RIJEČI« je dobro poznata izreka. Ipak, sadržaj informacija u jednoj slici može biti povećan ako ga kombiniramo s tekstom ili drugim simboličkim informacijama. Uređaj za ocrtavanje mikrofilmova u sprezi s jednom od gore opisanih strategija ocrtavanja otvara zaista iznenađujuće mogućnosti u tom smislu. Na primjer, ako upotrijebimo riječi ili simbole umjesto male svijetleće tačke za proizvodnju slika u polutonovima, tada možemo superponirati tekst ili simboličku informaciju na slikovnu.

To je ilustrirano na slici 12. koja predstavlja malo područje koje odgovara području od 128 × 128 uzorkovanih tačaka, a okružuje lijevo oko na fotografiji sa slike 1. Svaka od 16.384 tačaka slike 12. zastupljena je jednim jedinim slovom ili prostorom kako je navedeno na početku ovog poglavlja i kako se stalno ponavlja. Svako slovo eksponira se od 1 do 40 puta u skladu s gore opisanom probabilističkom strategijom. Moguće je zamisliti da je ova metoda kombiniranja teksta sa slikovnom informacijom zasada samo kuriozitet, ali da će naći korisnih primjena na displejima za informacije ili možda i u prerušavanju.

modulacija debljine linije

Pored višestrukog eksponiranja tačaka, slova i simbola istraženi su i drugi procesi radi dobivanja slika u polutonovima iz uređaja za mikrofilmsko ocrtavanje pod kontrolom digitalnih kompjutera.

Upon close inspection, Fig. 10 reveals many interesting geometric patterns some of which represent wellknown number theoretic theorems and are easily understood. But many of the patterns and structures visible in Fig. 10 have no simple theoretical correlates.

Another interesting insight into the distribution of relative prime pairs, especially any periodic straightline patterns, is afforded by a two-dimensional Fourier transform of the function f(x,y) as defined above. Figure 11 shows the spectrum (magnitude of the Fourier transform) of the function f(x,y) with the origin at the center of the picture. Multiple exposure was used to represent different values of the spectrum.[3]

As expected, the spectrum of the relative prime pairs is symmetric about the two 45°-diagonals. In addition the spectrum can be seen to be approximately symmetric about the abscissa and ordinate. The prominent "stars" in Fig. 11 reflect periodicities in the distribution of relative prime pairs which, though present, are barely visible in Fig. 10.

use of alphanumeric characters and other symbols for gray scale representations

"ONE PICTURE IS WORTH A THOUSAND WORDS" is a wellknown truism. Nevertheless, the information content in a picture can be enhanced by combining it with text or other symbolic information. The microfilm plotter, in conjunction with one of the above plotting strategies, opens up rather astonishing possibilities in this direction. For example, if letters or symbols, instead of the small luminous point, are used in producing the half-tone picture, text or symbolic information can be superimposed on the pictorial information.

This is illustrated in Fig. 12 which represents a small area, corresponding to 128 by 128 sampling points, surrounding the left eye of the photograph shown in Fig. 1. Each of the 16,384 picture points in Fig. 12 is represented by a single letter or space from the quotation at the beginning of this section repeated over and over again. Each letter is exposed from one to forty times in accordance with the probabilistic strategy described above.
It is conceivable that this method of combining text with pictorial information, at present but a curiosity, will find useful applications in information display or, perhaps,

line width modulation

In addition to multiple exposure of points, letters and symbols, other processes have been explored to obtain half-tone images from microfilm plotters under digital

Nekima od tih procesa simuliraju se samo polutonovi pomoću modulacije veličina »bijelih« područja na »crnoj« pozadini u skladu s grafičkom informacijom koju treba prikazati. Ti procesi imaju za posljedicu da se polutonovi percipiraju samo kad se promatraju iz dovoljno velike daljine. Primjer primjene te tehnike ilustriran je slikom 13 koja je reprodukcija rezultata u mikrofilmu, a predstavlja koncentrične krugove čija je širina bila modulirana na takav način da bijela područja malih isječaka krugova odgovaraju propusnosti željene slike (fotografija-slika 1) u istom odgovarajućem području.

Slika 13 dobivena je ovako: uređaj za mikrofilmsko ocrtavanje instruiran je da ocrta tačku u koordinatama x_i i y_i kako bi proizveo koncentrične krugove *konstante* relativne širine w u slučaju da važi ova nejednadžba:

$$0 \leq c\sqrt{x_i^2 + y_i^2} - [c\sqrt{x_i^2 + y_i^2}] < w, \qquad (10)$$

gdje zagrade, kao i ranije, označuju najveći integral koji ne nadmašuje vrijednost sadržanu unutar zagrada. Konstanta c određuje kombiniranu širinu para susjednih bijelih i crnih krugova. Ako w zamijenimo funkcijom p_i od x_i i y_i ($0 \leq p_i \leq 1$), tada će debljina linije bijelog kruga u x_i i y_i biti proporcionalna toj funkciji. Vrijednosti p_i za sliku 13 bile su odabrane iz fotografije-slike 1, a c je izjednačen s $\frac{1}{10}$ čime se dobiva ukupno oko 50 punih krugova varijabilne širine unutar kvadratičnog područja definiranog pomoću $-512 \leq x_i \leq 512$ i sa $-512 \leq y_i \leq 512$.

computer control. Some of these processes only simulate half-tones by modulating the size of "white" areas on a "black" background in accordance with the graphical information to be presented. Such processes lead to half-tone perception only when viewed from a sufficiently large distance. An example of this technique is illustrated in Fig. 13, a reproduction of a microfilm output showing concentric circles whose width has been modulated in such a way that the white areas of small segments of the circles correspond to the transmittance of the desired image (the photograph of Fig. 1) in the same neighborhood.

Figure 13 was obtained as follows. In order to produce concentric circles of *constant* relative width w, the microfilm plotter is instructed to plot a point with coordinates x_i, y_i if the following inequality holds

$$0 \leq c\sqrt{x_i^2 + y_i^2} - [c\sqrt{x_i^2 + y_i^2}] < w, \qquad (10)$$

where the brackets, as before, signify the largest integer not exceeding the value inside the brackets. The constant c determines the combined width of a pair of adjacent white and black circles. If w is replaced by a function p_i of x_i and y_i ($0 \leq p_i \leq 1$), then the line width of the white circle at x_i, y_i will be proportional to this function. For Fig. 13, the values of p_i were chosen from the photograph shown in Fig. 1 and c was made equal to $\frac{1}{10}$, resulting in a total of approximately 50 complete circles of variable width in the square area defined by $-512 \leq x_i \leq 512$ and $-512 \leq y_i \leq 512$.

moiré

Ako se za konstantu c odabere veća vrijednost tada će broj krugova rasti do izvjesne tačke u kojoj će umjesto krugova nastati moiré uslijed superponiranja koncentričnih krugova na kvadratični raster mikrofilmskog uređaja za ocrtavanje. Ta pojava ilustrirana je slikom 14, gdje je funkcija koja određuje relativnu širinu linije stavljena u zavisnost od polarnog kuta $\varnothing_i$ kako slijedi:

$$p_i = \frac{1}{4} + \frac{1}{2} \cdot \sin^2 \varnothing_i$$

ili, izraženo pomoću kartezijanskih koordinata:

$$p_i = \frac{1}{4} + \frac{1}{2} \cdot \frac{y_i^2}{x_i^2 + y_i^2} \qquad (11)$$

Namjeravane linije (tj. koncentrični krugovi) više nisu vidljive ali se modulacija širine još odražava u manje intenzivnoj svjetloći moiréa duž apscise ($y_i = 0$) u usporedbi s ordinatom

moiré patterns

If a larger value is chosen for the constant c, the number circles will increase up to a point where, instead of concentric circles, the Moiré pattern for a superposition of concentric circles and the square grid of the microfilm plotter will appear. This is illustrated in Fig. 14 where the function determining relative line width was made dependent on the polar angle $\varnothing_i$ as follows

$$p_i = \frac{1}{4} + \frac{1}{2} \cdot \sin^2 \varnothing_i$$

or, in terms of Cartesian coordinates

$$p_i = \frac{1}{4} + \frac{1}{2} \cdot \frac{y_i^2}{x_i^2 + y_i^2} \qquad (11)$$

The *intended* lines (concentric circles) are no longer visible, but the width modulation is still reflected in the smaller brightness of the Moiré pattern along the abscissa ($y_i = 0$).

($x_i = 0$). U stvari slika proizvedena pomoću jednadžbi 10 i 11 sliči svom negativu nakon što je zarotiramo za 90°. To proizlazi iz činjenice da je komplement od p_i

$$1 - p_i = \frac{1}{4} + \frac{1}{2}\frac{x^2_i}{x^2_i + y^2_i} \qquad (11a)$$

jednak izrazu koji rezultira iz jednadžbe 11 ako se zamijene x i y.

konture na mapama

Osim koncentričnih krugova i mnogi drugi oblici prikladni su za modulaciju debljine linija (linija koje povezuju tačke jednake vrijednosti svjetloće, jednakog intenziteta itd.). S ovom metodom informacije sadržane u dvodimenzionalnom obliku ili funkciji dviju varijabli mogu se grafički prikazati na dva razna načina: 1) kao izogrami i 2) kao proporcije »bijelog« područja naprama »crnom«.

Premda to često jest efikasan način saopćavanja informacija, ipak ima slučajeva kada taj način prikazivanja vodi do prilično neuobičajenih displeja poput onog na slici 15, koji je deriviran iz slike 1 pomoću vrlo jednostavnog kompjuterskog programa. Kompjuter je za tu priliku bio programiran da instruira uređaj za mikrofilmsko ocrtavanje da ocrta tačku s koordinatama x_i, y_i za slučaj da je odgovarajuća propusnost p_i u skladu sa slijedećom nejednadžbom:

$$0 \leq 8p_i - [8p_i] < p_i, \qquad (12)$$

gdje, kao i ranije, zagrade označuju najveći integral koji ne premašuje vrijednost unutar zagrada.

Lako je vidjeti da će odgovarajuća tačka biti ocrtana ako je $8p_i$ jednak jednom integralu i tada je $8p_i - [8p_i] = 0$. Ukoliko je $8p_i$ samo malo manji od jednog integrala tada tačka neće biti ocrtana. Prema tome lijeva polovina nejednadžbe proizvodi konture koje su predstavljene crno-bijelom granicom koja odgovara konstantnim vrijednostima od p_i, tj, $p_i = n/8$ ako je $n = 0,1 \ldots, 7$. Desna polovina nejednadžbe određuje koliko široke konture moraju biti. Ako se faktor 8 zamijeni većom konstantom tada će veći broj kontura biti proizveden što će dovesti do vjernije replike originalne fotografije.

generalizirani moiréi

Moiré rezultira iz intereferiranja ili »sudara« dva ili više superponirana geometrijska oblika u prostoru ako im je učestalost u prostoru gotovo jednaka u područjima u kojima su superponirani. Osim praktične upotrebivosti moiré ima

In fact, the picture generated by Eqs. (10) and (11) resembles its own negative after rotation by 90°. This follows from the fact that the complement of p_i,

$$1 - p_i = \frac{1}{4} + \frac{1}{2}\frac{x^2}{x^2_i + y^2_i} \qquad (11a)$$

is equal to an expression which results from Eq. (11) by interchanging x and y.

contour maps

Instead of concentric circles, many other patterns are suitable for line width modulation. In particular, width modulation can be applied to *contour lines*, (lines connecting points of equal values of brightness, intensity, etc.). In this method, the information contained in a twodimensional pattern or a function of two variables can be portrayed graphically in two different ways: (1) as isograms and (2) as area ratios of "white" to "black".

Although this may often be an efficient way of conveying information, there are instances where this mode of representation leads to rather uncommon displays such as that shown in Fig. 15 which was derived from Fig. 1 by a rather simple computer program. The computer was programmed to cause the microfilm plotter to plot a point with coordinates x_i, y_i if the corresponding transmittance p_i obeys the following inequality

$$0 \leq 8p_i - [8p_i] < p_i, \qquad (12)$$

where, as before, the brackets indicate the largest integer not exceeding their contents.

It is easily seen that if $8p_i$ is equal to an integer, then $8p_i - [8p_i] = 0$ and the corresponding point will be plotted. It $8p_i$ is just a little smaller than an integer, the point will not be plotted. Thus, the left half of the inequality generates contours, represented by a black-white boundary, corresponding to constant values of p_i, namely $p_i = n/8$ with $n = 0, 1, \ldots, 7$. The right half of the inequality determines how wide the white contours are. If factor 8 is replaced by a larger constant, more contours will be generated resulting in a more recognizable replica of the original photograph.

generalized moiré patterns

Moiré patterns result from the spatial interference or "beats" between two or more superimposed geometrical patterns with nearly equal spatial frequencies in the superimposed areas. In addition to their practical usefulness,[4] many Moirés have

prilično estetsku privlačnost što vjerojatno proizlazi iz posebne kombinacije velike simetričnosti, izvjesnog stupnja nepravilnosti i snažnog prisutnog elementa vjerojatnosti. Tako na slici 14 smjerovi horizontale, vertikale i dijagonale od 45° pokazuju savršenu periodičnost strukture, dok međusmjerovi pokazuju znatno manje izražene periodičnosti, što daje privid slučajno učinjenog izbora u izvjesnim područjima.

Znače li geometrijski oblici koje vidimo u moiréu granicu onog što interferencija u prostoru može proizvesti ili je moguće proizvesti *proizvoljne* oblike na taj način? Odgovor na ovo pitanje je zaprepašćujući: pomoću kompjutera i uređaja za mikrofilmsko ocrtavanje moguće je konstruirati dvije slike koje, promatrane golim okom, izgledaju kao dvije proizvoljno odabrane scene s mikrostrukturom (nevidljivom) koja je takova da nakon superponiranja treće, proizvoljno zadane, slike nastaje nova slika. Tu se primjenjuje princip koji je posve jednostavan ali bez preciznosti digitalnih kompjutera i velike moći razlučivanja u modernih uređaja za mikrofilmsko ocrtavanje ne bi se princip mogao prenijeti u stvarnost.

Pretpostavimo da su vrijednosti svjetloće pojedinih uzoraka (tačaka) dviju originalnih slika označene kao a_i i b_i pri čemu je ($0 \leq a_i < 1{,}0 \leq b_i \leq 1$). Poželjna slika koja treba nastati superponiranjem, okarakterizirana je svjetloćom uzoraka c_i. Zatim se kompjuter programira da proizvede prvu sliku sa prostornim redom uzorkovanih vrijednosti sastavljenih od redova 2×2 kako slijedi:

$$a_i' = \begin{matrix} a_i & 0 \\ \varepsilon_i & 1-\varepsilon_i \end{matrix} \qquad (13)$$

gdje je $\varepsilon_i = 0$ ili 1 odabran na proizvoljan način. Ako je slika sastavljena na ovaj način i ako biva promatrana oštrinom optike pri kojoj se ne razabiru pojedini uzorci u tom redu od 2×2, tada će se vidjeti da prosječna svjetloća na području treba iznositi:

$$a_i' = \tfrac{1}{2}(1 + a_i) \qquad (14)$$

Prema tome osim kod ograničene skale ($\frac{1}{4} \leq \overline{a_i'} \leq \frac{1}{2}$) vidjet će se prva slika s uzorcima a_i.

Druga slika konstruira se iz redova 2×2 kako slijedi:

$$\overline{b_i'} = \begin{matrix} 0 & b_i \\ |c_i + \varepsilon_i - 1| & |c_i - \varepsilon_i| \end{matrix} \qquad (15)$$

Četvorni prostorni uzorak za b_i je:

$$\overline{b_i'} = \tfrac{1}{4}(1 + b_i), \qquad (16)$$

nezavisno od c_i i od izbora ε_i koji mogu predstavljati četvrtu sliku ili neku drugu informaciju.

considerable esthetic appeal probably resulting from their peculiar combination of high symmetry, a certain degree of regularity, and a strong element of chance. In Fig. 14, for example, the horizontal, vertical und 45°-diagonal directions show perfectly periodic structure while in-between directions show less pronounced periodicities giving the appearance of randomness in certain areas.

Are the geometrical patterns usually seen in Moirés the limit of what spatial interference can produce, or can one generate *arbitrary* patterns in this fashion? The answer to this question is astounding: with the help of computers and microfilm plotters it is possible to construct two images showing, to the naked eye, two arbitrarily chosen scenes with a microstructure (invisible) such that upon optical superposition a third, arbitrarily specified, image will result. The principle involved is quite simple but it takes the precision of digital computers and the high resolution and registration of modern microfilm plotters to translate the principle into reality.

Suppose the brightness values of individual samples (dots) of the two original images are designated by a_i and b_i, respectively, ($0 \leq a_i \leq 1{,}0 \leq b_i \leq 1$). The image desired from the superposition is characterized by brightness samples c_i. Then the computer is programmed to produce a first image with a spatial array of sample values composed of 2×2 arrays as follows:

$$a_i' = \begin{matrix} a_i & 0 \\ \varepsilon_i & 1-\varepsilon_i \end{matrix} \qquad (13)$$

where $\varepsilon_i = 0$ or 1 chosen in an arbitrary way. If an image composed in this fashion is viewed with a resolution which does not resolve the individual samples in this 2×2 array, then an average brightness will be seen in the area occupied by the array:

$$\overline{a_i'} = \tfrac{1}{2}(1 + a_i) \qquad (14)$$

Thus, except for a limited gray scale ($\frac{1}{4} \leq \overline{a_i'} \leq \frac{1}{2}$), the first image with samples a_i will be seen.

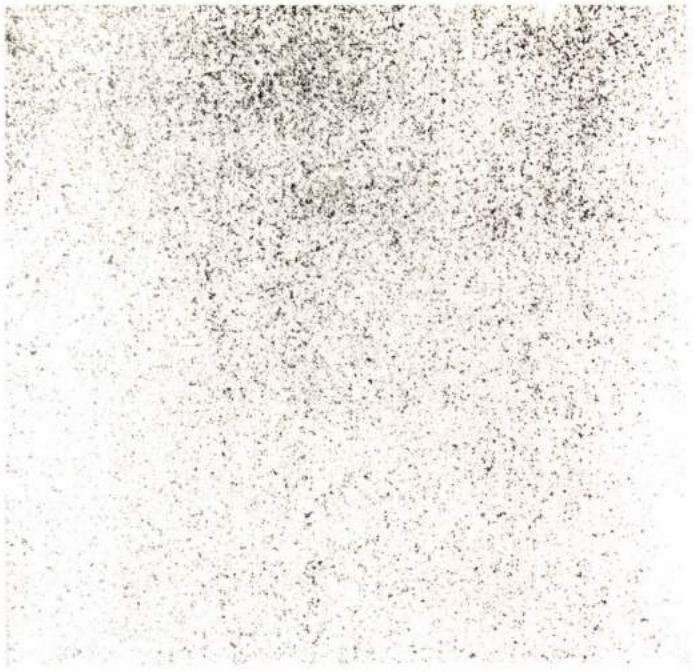
The second image is constructed from 2×2 arrays as follows:

$$\overline{b_i'} = \begin{matrix} 0 & b_i \\ |c_i + \varepsilon_i - 1| & |c_i - \varepsilon_i| \end{matrix} \qquad (15)$$

The four-sample spatial average of b_i' is

$$\overline{b_i'} = \tfrac{1}{4}(1 + b_i), \qquad (16)$$

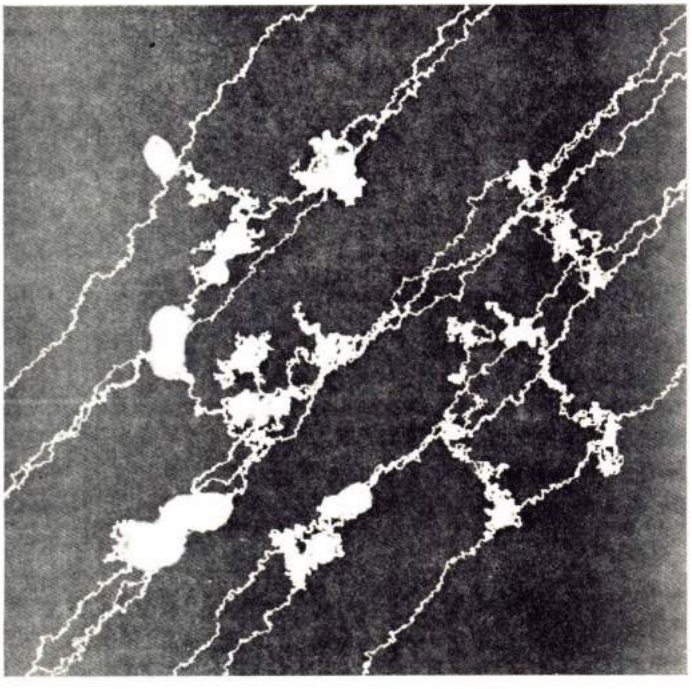
independent of c_i and the choice of ε_i, which could represent a fourth image or some other information.



Sl. 16b. Fig. 16b.

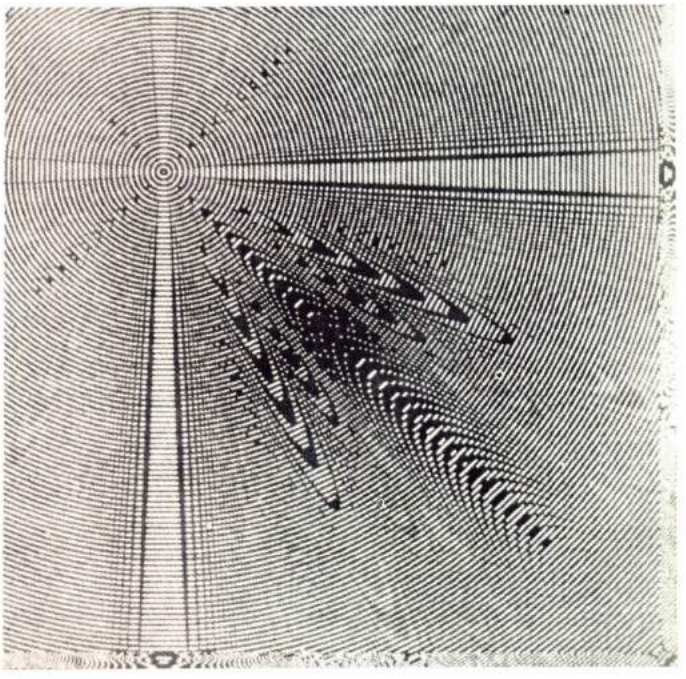


Sl. 16c. Fig. 16c.



Sl. 17. Fig. 17.

Copyright 1968 Bell Telephone Laboratories



Sl. 18. Fig. 18.

Copyright 1968 Bell Telephone Laboratories

Moguće je sastaviti sliku *produkta* od a_i i b_i u savršenom redu superponiranjem dvaju dijapozitiva koji sadrže redove a_i i b_i pa će rezultat biti njihov umnožak. Ako je $\varepsilon_i = 0$, tada je rezultat:

$$a_i' \cdot b_i' = \begin{matrix} 0 & 0 \\ 0 & c_i \end{matrix} \qquad (17)$$

ako je $\varepsilon_i = 1$ tada je umnožak:

$$a_i' \cdot b_i' = \begin{matrix} 0 & 0 \\ c_i & 0 \end{matrix} \qquad (18)$$

U oba slučaja prostorni prosjek četiriju tačaka dvaju superponiranih redova 2×2 iznosi:

$$\overline{a_i' \cdot b_i'} = \tfrac{1}{4}\, c_i \qquad (19)$$

Prema tome osim u slučaju ograničene sive skale i gubitka prostorne oštrine za faktor 2, superponiranje dvaju dijapozitiva pokazivanjem arbitrarno odabranih slika rezultira trećom slobodno izabranom slikom. Superponiranjem »muškog« dijapozitiva (a_i) i »ženskog« (b_i) dobiva se »dijete« (c_i). Mogućnosti su dakle zapanjujuće široke.

Može li se ići i dalje i proizvesti dva dijapozitiva na kojima pojedine tačke imaju vrijednosti svjetloće ograničene na 1 i 0, a koje su odabrane slučajno uz jednaku vjerojatnost i nezavisne su od tačke do tačke u tolikoj mjeri da se njihovim superponiranjem dobiva proizvoljno odabrana scena? Iznenađujuće je što je odgovor potvrdan ukoliko su pojedine tačke ograničene na vrijednosti svjetloće 0 ili 1. Za dobivanje prepoznatljive slike sa prividnom skalom sivoga koja se promatra uz ograničenu optičku oštrinu može se upotrijebiti probabilistički princip zaokruživanja koji smo razmotrili. Pretpostavimo da se želi stvoriti scena koja podsjeća na sliku čije su pojedinačne vrijednosti svjetloće dane sa p_i. Tada treba sastaviti izraz:

$$\pi_i = [p_i + r_i], \qquad (20)$$

gdje je r_i proces slučajnosti uniformno distribuiran u intervalu od 0 do 1 i nezavisan od tačke do tačke. Iako $\pi_i = 0$ ili 1, njena statistička ekspektancija jednaka je p_i. Prema tome slika sastavljena od tačaka čija je propusnost π_i nalikovat će originalnoj slici p_i ali uz jaku komponentu buke. (Budući da buka ima ravan spektar prostornih frekvencija njen se učinak može reducirati ograničenjem sposobnosti razlučivanja zahvaljujući uzajamnoj nezavisnosti među tačkama r_i. To se može postići afokalnom projekcijom slike π_i).

Tada se π_i kombinira s *binarnim* slučajnim procesom α_i čije su vrijednosti 0 i 1 izabrane slučajno uz jednaku vjerojatnost i nezavisno od tačke do tačke:

$$\tilde{\pi}_i = (\pi_i + 1 - \sigma_i)_{\mathrm{mod}2} \qquad (21)$$

Upon superposition, in perfect registry, of the two transparencies composed of arrays a_i' and b_i', respectively, an image composed of the point-by-point *product* of a_i' and b_i' will result. If $\varepsilon_i = 0$, the result is

$$a_i' \cdot b_i' = \begin{matrix} 0 & 0 \\ 0 & c_i \end{matrix} \qquad (17)$$

it $\varepsilon_i = 1$, the product is

$$a_i' \cdot b_i' = \begin{matrix} 0 & 0 \\ c_i & 0 \end{matrix} \qquad (18)$$

In either case, the spatial average over the four points of the two superimposed 2×2 arrays is

$$\overline{a_i' \cdot b_i'} = \tfrac{1}{4}\, c_i \qquad (19)$$

Thus, except for a limitation in the extent of the gray scale and loss of spatial resolution by a factor 2, the superposition of two transparencies showing arbitrarily chosen images results in a third freely chosen image. The superposition of a "father" slide (a_i) and a "mother" slide (b_i), brings forth a "child" (c_i). The possibilities stagger the mind.

Can one go even further and produce two transparencies whose individual dots have brightness values restricted to 0 and 1, chosen at random with equal probability and independent from point to point, such that their optical superposition will result in an arbitrarily chosen scene? The answer, surprisingly, is yes, if the individual dots are restricted to brightness values 0 or 1. To obtain a recognizable image with an apparent gray scale when viewed with limited resolution, the probabilistic rounding principle discussed above can be employed.
Suppose one wants to create a scene resembling an image whose individual brightness values are given by p_i. Then one forms

$$\pi_i = [p_i + r_i], \qquad (20)$$

where r_i is a random process uniformly distributed in the interval 0 to 1 and independent from point to point. Although $\pi_i = 0$ or 1, its statistical expectation equals p_i. Thus, an image composed of dots with transmittance π_i will resemble the original image p_i with a strong noise component. (Since the noise has a flat spectrum of spatial frequencies, because of the point-by-point independence of r_i, its effect can be reduced by limiting the resolution. This can be done by an out-of-focus projection of the image π_i.)

Now π_i is combined with a *binary* random process σ_i having values 0 or 1 chosen at random with equal probability and independently from point to point:

$$\tilde{\pi}_i = (\pi_i + 1 - \sigma_i)_{\mathrm{mod}\,2} \qquad (21)$$

Za $\sigma_i = 1$, $\tilde{\pi}_i = \pi_i$; za $\sigma_i = 0$, $\tilde{\pi}_i = 1 - \pi_i$. U stvari može se dokazati da je $\{\tilde{\pi}_i\}$ stohaistički proces istih svojstava cjeline kao $\{\tilde{\sigma}_i\}$, npr. $\pi_i = 0$ ili 1, uz jednaku vjerojatnost javljanja od tačke do tačke. Međutim optičko superponiranje $\tilde{\pi}_i$ i σ_i u registru od tačke do tačke rezultira s:

$$\tilde{\pi}_i \cdot \sigma_i = \begin{cases} \pi_i \text{ ako } \sigma_i = 1 \\ 0 \text{ ako } \sigma_i = 0 \end{cases} \qquad (22)$$

Tako superponiranje, osim prilikom slučajne zamjene (uz vjerojatnost javljanja od ½) za uzorke π_i preko 0 (crne tačke), rezultira kod dvaju slučajnih dijapozitiva $\tilde{\pi}_i$ i σ_i kvantificiranom varijantom π_i originalne slike p_i. To ilustrira slika 16. Slika 16a prikazuje $\tilde{\pi}_i$ dobiven od p_i iz slike 1 pomoću jednadžbi 20 i 21. Slika 16b pokazuje slučajni »ključ«: taj služi za otkrivanje informacija pohranjenih u slici 16a. Slika 16c pokazuje rezultat superponiranja i fotografiranja dijapozitiva koje odgovaraju slikama 16a i 16b. Kvantificirana varijanta originala se »dešifrira«.

Budući da obični mikrofilmski dijapozitivi odaju preklapanje slika duž susjednih tačaka, smije se upotrijebiti tek svaka druga ili svaka treća tačka (i u vertikali i u horizontali) za realiziranje tog značajnog procesa optičkog dešifriranja. Još je jedan uvjet a taj je da se dva dijapozitiva moraju gotovo potpuno podudarati, tj. sakriveni i ključni.

slučajni pokreti i proces programiranja

U prethodnim poglavljima diskutiralo se o upotrebi slučajnih brojeva u svrhu eliminiranja neuglednih kontura na slikama s kvantificiranim nivoima svjetloće (sl. 4 i 5). Slučajni brojevi također mogu prikriti scenu (sl. 16a) i nanovo je otkriti (sl. 16c). Rutinski postupci za proizvodnju »slučajnih« brojeva mogu, bilo sami bilo u kombinaciji s determinističkim procesima dovesti do neograničene raznovrsnosti vizualnih oblika i slika koje predstavljaju materijalne objekte, matematičke apstrakcije ili čistu fantaziju.

Brownovo gibanje je dobro poznat fizikalni fenomen ustaljene slučajnosti i privukao je najbolje fizičare. To je gibanje slučajno kretanje teških čestica okruženih manjim česticama a u vrućoj sredini.

Slika 17 ilustrira Brownovo gibanje superponirano na deterministički pomak u smjerovima dijagonala. Ukupno 36 čestica uključeno je, a startaju kao četverosprezi iz 9 slučajno odabranih lokacija a privlače ih ukupno 4 udaljena centra privlačnih sila. Međutim, uslijed neke greške u programiranju čestice koje su trebale migrirati u gornji desni i donji lijevi

For $\sigma_i = 1$, $\tilde{\pi}_i = \pi_i$; for $\sigma_i = 0$, $\tilde{\pi}_i = 1 - \pi_i$. In fact, it can be shown that $\{\tilde{\pi}_i\}$ is a stochastic process with the same ensemble properties as $\{\tilde{\sigma}_i\}$, i.e., $\pi_i = 0$ or 1 with equal probability independent from point to point. However, the optical superposition of $\tilde{\pi}_i$ and σ_i in point-by-point registry results in

$$\tilde{\pi}_i \cdot \sigma_i = \begin{cases} \pi_i \text{ ako } \sigma_i = 1 \\ 0 \text{ ako } \sigma_i = 0 \end{cases} \qquad (22)$$

Thus, except for a random replacement (with a probability of ½) of samples of π_i by 0 (black dots), the superposition of the two random transparencies $\tilde{\pi}_i$ and σ_i results in the quantized version π_i of the original picture p_i. This is illustrated in Fig. 16. Figure 16a shows $\tilde{\pi}_i$ obtained from p_i from Fig. 1 by Eqs. (20) and (21). Figure 16b shows the random "key" σ: for unlocking the information buried in Fig. 16a. Figure 16c shows the result of superimposing and photographing transparencies corresponding to Figs. 16a and 16b. The quantized version of the original is "deciphered".

Since ordinary microfilm transparencies show an overlap between the images of neighboring points, only every second or third point (both horizontally and vertically) should be used to achieve this remarkable deciphering optical process. Another requirement is near perfect registry between the two transparencies, the disguised one and the key.

random walks and programming errors

In preceding sections, the use of random numbers to eliminate unsightly contours in images with quantized brightness levels (Figs. 4 and 5) was discussed. Random numbers can also disguise a scene (Fig. 16a) and uncover it again (Fig. 16c). »Random« number generating routines, either by themselves or in combination with deterministic processes can lead to a limitless variety of visual patterns and images representing physical objects, mathematical abstractions or pure fantasy.

A well-known physical phenomena with a random habit, which has attracted the brightest physical minds, is Brownian motion: the random meanderings of grave particles in a hot environment of smaller particles.

Figure 17 illustrates a Brownian motion superimposed on a deterministic drift in diagonal directions. A total of 36 particles are involved starting out as quadruplets from 9 random locations and being attracted by 4 distant force centers. However, because of some programming error, the particles that were supposed to migrate toward the upper right

ugao izgubile su svoj privlačni naboj i ostale lebdjeti oko svojih polaznih tačaka što sve zajedno izgleda kao vunasti preeksponirani mikrofilm. (Možda je kompjuter znao da postoje samo dva naboja različita od nule, pozitivni i negativni, pa da se prema tome čestice mogu gibati samo u dva jasno izražena smjera. Ili je možda kompjuter osjećao da bi ovaj oblik bio atraktivniji? U svakom slučaju kompjuterov sud je prihvaćen i »greška« nikad nije bila ispravljena.)

Rečeno je da su neka otkrića učinjena slučajno ili miskalkulacijom. Je li stečen kakav nov uvid zahvaljujući grešci u programiranju ili pogrešnoj kalkulaciji kompjutera? Možda. U svakom slučaju besmislene kalkulacije mogu biti *lijepe* ako se dozvoli da se geometrijski manifestiraju. Slika 18 pokazuje npr. čistu omašku u programiranju. To uopće ne naliči na očekivani rezultat. Mora da je više stvari zakazalo u programu (ili stroju). Što je zakazalo i zašto, nikad nismo mogli ustanoviti.

bilješke

1. Izražavam zahvalnost Dr. J. S. Courtney-Prattu za određivanje optičke propusnosti kao funkcije ekspozicija.

2. Iz djela »Restoration of Blurred Photographs« koje će biti objavljeno koristio sam se izvjesnim rezultatima.

3. Gospođica Sue L. Hanauer izvršila je proračune a gđa Janice Horn Hartman pružila je dopunsku pomoć u programiranju.

4. Koristio sam se izvorom Gerald i Yasunori Nishijima: »Moiré Patterns« objavljenim u čsp. Scientific American, 208, str. 54 od januara 1963.

legende uz slike

Sve ilustracije: Copyright 1968. Bell Thelephone Laboratories, Inc.

Sl. 1: Originalna fotografija. Vrijednost svjetloće na ovom portretu uzrokovana je na 1024 × 1024 tačaka, kvantificirana na 4096 diskretnih nivoa i uvedena u digitalni kompjuter radi daljnje obrade (v. tekst). Podaci o jačini svjetlosti transformirani su na razne načine i pretvoreni u fotografske slike pomoću uređaja za mikrofilmsko ocrtavanje pod kontrolom kompjutera (v. sl. 2—9, 12—16, 18).

Sl. 2: Uređaj za mikrofilmsko ocrtavanje dao je rezultat iz slike 1 ocrtavanjem samo onih tačaka čija svjetloća prelazi dani prag. Postoje samo »crni« i »bijeli« tonovi bez ikakvih sivih međutonova i održavaju ograničenja postojećih mikrofilmskih uređaja za ocrtavanje koji su bili namijenjeni proizvodnji grafikona, alfanumeričkih znakova i drugog visokokontrastnog materijala.

Sl. 3: Umjesto da se svaka tačka na slici eksponira samo jedanput (ili uopće ne) kao na slici 2, broj ekspozicija za svaku tačku varijabilan je i zavisi o odgovarajućoj svjetloći originalne fotografije. Rezultirajuće konture održavaju diskretnost te tehnike »natpisivanja« eksponiranjem.

and lower left lost their attractive charge and hovered around their origins — resulting in a woolly-looking — overexposure of the microfilm. (Perhaps, the computer knew that there are only 2 different non-zero charges — positive and negative — and that therefore the particles could only drift in 2 distinct directions. Or did the computer feel that the resulting pattern would be more attractive? In any case, the computer's better judgment was accepted and the "error" was never corrected.)

It is said that some discoveries have been made by accident or miscalculation. Have any new insights been gained by programming error or computer miscalculation? Perhaps. In any case, nonsense calculations can be *beautiful* if allowed to manifest themselves geometrically. Figure 18 shows an example, a pure programming error. It doesn't look like the expected result. Several things in the program (or the machine) must have gone wrong. What went wrong? Why? We never found out.

footnotes

1. I am grateful to Dr. J. S. Courtney-Pratt for determining the optical transmittance as a function of the number of exposures.

2. M. M. Sondhi and M. R. Schroeder, "Restoration of Blurred Photographs," J. Optical Soc. Am. (to be published).

3. I am indebted to Miss Sue L. Hanauer for these computations; Mrs. Janice Horn Hartman provided additional programing help.

4. Gerald Oster and Yasunori Nishijima, "Moiré Patterns", Scientific American, *208*, p 54, Jan. (1963).

figure captions

All illustrations: Copyright 1968 by Bell Telephone Laboratories. Inc.

Fig. 1: Original photograph. The brightness values in this portrait were sampled at 1024 × 1024 points, quantized to 4096 discrete levels and fed into a digital computer for subsequent processing (see text). The variousl transformed brightness data were reconverted into photographic images by means of a microfilm plotter under computer control (see Figs. 2—9, 12—16, 18).

Fig. 2: Microfilm plotter output obtained from Fig. 1 by plotting only points whose brightness exceed a fixed threshold. There are only "blacks" and "whites", no intermediate gray tones, reflecting the limitations of existing microfilm plotters which were designed for producing graphs, alpha-numeric characters and other high-contrast material.

Fig. 3: Instead of each point in the image being exposed exactly once (or not at all) as in Fig. 2, the number of exposures for each is variable depending on the corresponding brightness value of the original photograph. The resulting contours reflect the discreteness of this "overwriting" exposure technique.

Sl. 4: Ovdje su izbrisane konture koje su vidljive na sl. 3 primjenom pravila slučajnosti na zaokruživanje između diskretnih vrijednosti ekspozicije.

Sl. 5: Povećanje područja usnica na slici 4 ilustrira tehniku »stipple« tj. tehniku aproksimiranja polutonova koji rezultiraju iz pravila o slučajnom zaokruživanju.

Sl. 6: Izraz originalne fotografije u polutonu dobiven istim mikrofilmskim uređajem za ocrtavanje korišten je za sliku 2. Polutonovi se realiziraju pomoću specijalnog programa (»software«) koji stvara lokalne prostorne prosjeke vrijednosti svjetloće na replici, koji su jednaki vrijednosti svjetloće na odgovarajućim tačkama na originalu.

Sl. 7: Povećanje područja usnice na slici 6 otkriva prisutnost zanimljive »tehnike« koja proizlazi iz pravila o stvaranju prostornih prosjeka koje je upisano u kompjuterski program za aproksimaciju polutonova.

Sl. 8: Zamućena fotografija dobivena zamućivanjem pomoću linearnog pomicanja iz originalne fotografije (sl. 1).

Sl. 9: Slika kako ju je rekonstruirao kompjuter koristeći samo informacije sadržane u zamućenoj slici (8). Kompjuter najprije određuje smjer (horizontalni) i opseg (1/8 širine slike) zamućenja a zatim rekonstruira aproksimativnu sliku originala.

Sl. 10: Ploha integrala x od 1 do 256 i y od 1 do 256. Tačka se ocrta ako su dvije koordinate x i y relativno cijeli brojevi, tj. ako nemaju nikakvog zajedničkog divizora. To je primjer korištenja digitalnog kompjutera i mikrofilmskog uređaja za ocrtavanje radi »promatranja« teoretskih odnosa među brojevima. To pokazuje uzbudljivu kombinaciju pravilnosti i slučajnosti koja karakterizira distribuciju cijelih brojeva kao i svojstvo zajedničke djeljivosti. Alternativno se slika 10 može interpretirati kao kompozicija od svih tačaka koje se mogu vidjeti iz ishodišta ($x - y = 0$) ili koje bi bile obojene ako bi mrlja boje eksplodirala u ishodištu.

Sl. 11: Ovo je »spektar« slike 10 (veličina Fourijeove jednadžbe). Ako postoje *periodičke* pravilnosti na slici 10 tada one trebaju postati vidljive u spektru. »Zvijezde« na ovoj slici pokazuju da takve periodičnosti zaista postoje kao i mnogi drugi oblici od kojih se neki mogu objasniti a neki ne. To je nov fascinantan način gledanja na teoriju brojeva i pruža potencijalne mogućnosti otkrivanja novih odnosa između cijelih brojeva pomoću naše vizualne perceptivnosti i imaginacije.

Sl. 12: »Rječito oko«. Ljudsko oko (lijevo oko s originalne fotografije na slici 1) sastavljeno je od pojedinačnih slova i prostora koji formiraju englesku rečenicu »JEDNA SLIKA VRIJEDI TISUĆU RIJEČI« koja se stalno ponavlja. Svako slovo eksponirano je na mikrofilmskom uređaju za ocrtavanje od 1 do 40 puta već prema nivou svjetloće na originalnom oku. Četiri vrste informacija ili oblika vidljive su: 1) pojedinačna slova, 2) riječi i rečenice, 3) periodički oblici dizajna koji rezultiraju iz repeticije rečenica i 4) oko.

Sl. 13: »Krugovi oko očiju«. Ovo je simulacija polutonova pomoću »modulacije područja«. Koncentrični krugovi oko lijevog oka modulirani su po širini da bi odrazili različitu svjetloću na originalnoj fotografiji. Ova slika kombinira dvije vrste informacija: 1) povezanosti (krugovi) i 2) odnosa crno prema

Fig. 4: Here the contours visible in Fig. 3 have been obliterated by employing a random rule for rounding between discrete exposure values.

Fig. 5: Enlargement of lip area of Fig. 4 illustrating the "stipple" technique of approximating half-tones resulting from the random rounding rule.

Fig. 6: Half-tone rendition of the original photograph obtained by the same microfilm plotter used for Fig. 2. The half-tones are realized by a special program ("software") which makes local spatial averages of the brightness values in the replica equal to the brightness values of corresponding points in the original.

Fig. 7: Blow-up of lip area of Fig. 6 revealing an interesting "brush-stroke" technique resulting from the spatial averaging rule written into the computer program for approximating half-tones.

Fig. 8: Blurred photograph obtained by linear motion blur from original photograph (Fig. 1).

Fig. 9: Computer-reconstructed image using only information contained in the blurred image shown in Fig. 8. The computer first determines direction (horizontal) and extent (1/8 of picture width) of blur and then reconstructs an approximation to the original.

Fig. 10: The plane of integers $x = 1$ to 256 and $y = 1$ to 256. A point is plotted if its two coordinates x and y are relative primes, i.e., if they have no common divisor. This is an example of using a digital computer and microfilm plotter to "view" number-theoretic relationships. It shows the intriguing combination of regularity and randomness which characterizes the distribution of prime numbers and the property of joint divisibility. Alternatively, Fig. 10 can be interpreted as consisting of all those points that can be seen from the origin ($x = y = 0$) or that would be colored if a pellet of paint was exploded at the origin.

Fig. 11: The "spectrum" (magnitude of the Fourier transform) of Fig. 10. If there are *periodic* regularities in Fig. 10, then these should become visible in the spectrum. The "stars" in this figure show that such periodicities do indeed exist — as well as many other patterns — some explainable, others not. Here is a fascinating new way of looking at number theory and potentially discovering new relationships between whole numbers aided by our visual perceptiveness and imagination.

Fig. 12: "Wordy Eye." A human eye (the left eye from the original photograph, Fig. 1) composed of individual letters and spaces forming the English sentence "ONE PICTURE IS WORTH A THOUSAND WORDS" repeated over and over again. Each letter was exposed in the microfilm plotter from 1 to 40 times according to the brightness level in the original eye. Four kinds of information or patterns are visible: (1) the individual letters, (2) the words and sentences, (3) the periodic design pattern resulting from the repetition of the sentence, and (4) the eye.

Fig. 13: "Circles Around Eye." Simulation of half-tones by "area modulation." Concentric circles around the left eye are modulated in width to reflected the different brightness levels in the original photograph. This picture combines two kinds of information: (1) connectivity (the circles) and (2) black-white area ratio (the

bijelom (portret). Povezanost je bolje vidljiva ako se slika promatra iz veće blizine. Iz veće udaljenosti (ili prilikom afokalne projekcije) odnos crnog prema bijelom je dominantna percepcija.

Sl. 14: Moiré dobiven iz programa za ocrtavanje uskih koncentričnih krugova. Uslijed rastera diskretnih tačaka u mikrofilmskog uređaja za ocrtavanje nastaje prostorno interferiranje ili moiré.

Sl. 15: »Guba«: konture koje povezuje tačke jednake svjetloće u originalne fotografije. Širina tih linija modulirana je tako da reflektira različite nivoe svjetloće. Ponovno se kombiniraju dvije razne vrste informacija kao i na slici 13: povezanost i proporcija crno-bijelo. To je primjer bizarne vrste slika kakve se mogu dobiti pomoću mikrofilmskog uređaja za ocrtavanje.

Sl. 16a: Slučajne slike dobivene kvantificiranjem svjetloće informacije na slici 1 na dva nivoa (0 = crno i 1 = bijelo). Nakon toga se kodira informacija tj. rezultirajuća binarna reprezentacija dodavanjem slučajnog binarnog ključa mod2. Rezultat toga je prikazana »šifrirana« slika.

b: Slučajni ključ upotrijebljen za dobivanje sl. 16a.

c: Fotografija nastala superponiranjem dvaju dijapozitiva koji odgovaraju slikama 16a i 16b, a zatim »dešifrirani« kvantificirani original.

Sl. 17: »Brownovo gibanje«, dobro poznati fenomen u statističkoj fizici ovdje je superponiran na deterministčkom pomaku (od gore lijevo prema desno dolje). Neke od čestica uopće se ne gibaju te lebde oko polaznih tačaka što dovodi do preeksponiranja filma.

Sl. 18: Griješka u programiranju

prijevod: Vilim Crlenjak

portrait). When viewed from a small distance, (1) is more apparent. From a large distance (or by defocussed projection), (2) becomes the over-riding percept.

Fig. 14: Moiré pattern obtained from a program for plotting narrow concentric circles. Because of the discrete point grid of the microfilm plotter, a spatial beat, or Moiré, pattern is seen instead.

Fig. 15: "Leprosy." Contour lines connecting points of equal brightness in the original photographs. The width of these lines is modulated to reflect the different brightness levels. Again, as in Fig. 13, two kinds of information are combined: connectivity and blackwhite area ratio. An example of the bizzare kind of images obtainable on microfilm plotters.

Fig. 16a: Random picture obtained by quantizing the brightness information in Fig. 1 to two levels (0 = black and 1 = white) and then encrypting the resulting binary representation by adding, mod2, a binary random key. The result is the "encrypted" picture shown.

b: The random "key" used in obtaining Fig. 16a.

c: Photograph of the superposition of two transparencies corresponding to Figs. 16a and b, the "deciphered" quantized original.

Fig. 17: "Brownian Motion," a well-known phenomenon in statistical physics, here superimposed on a deterministic drift (from upper left to lower right). Some of the particles have no drift and hover around their points of origin — resulting in overexposure of the film.

Fig. 18: Programming error.

Štampano u IEEE SPECTRUM Vol. 6, No. 2., veljača 1969.
Copyright 1968. i štampano dozvolom vlasnika copyrighta.

Printed in IEEE SPECTRUM Vol. 6, No, 2., Februar 1969.
Copyright 1968 and, printed by permission of the Copyright owner.

leslie mezei

sparta, proceduralno orijentiran jezik programiranja za manipuliranje arbitrarnim crtežima*

lesli mezei
university of toronto

sparta, a procedure oriented programming for the manipulation language of arbitrary line drawings*

* Ovaj istraživački projekt ostvaren je uz podršku National Research Council of Canada i Department of Computer Science i Institute of Computer Science Sveučilišta u Torontu.

* This research was supported by the National Research Council of Canada and the Department of Computer Science and Institute of Computer Science in the University of Toronto.

SADRŽAJ. U ovom elaboratu prikazan je jezik programiranja za manipuliranje arbitrarnim crtežima, a sastavljen je tako da olakša učenje i praktičnu primjenu grafičkom crtaču koji nema iskustva u programiranju. Postoji velik broj komandi za promjenu položaja, veličine i orijentacije slike. Isto je tako uključen stanovit broj matematičkih transformacija i nasumce uzetih izobličenja koja djeluju na cijelu sliku, na njezine krivulje ili na pojedine tačke. Daljnje manipulacije, kombinacije postojećih i procedura za specifičnu primjenu može lako dodati sam operator.

1. uvod

Primarni momenti u razvijanju tog paketa grafičkog programiranja bili su:

I referentni format (data format) koji ne uvjetuje matematičko predstavljanje slika, tako da je moguće manipuliranje arbitrarnim crtežima ma kojeg stupnja složenosti,

II uvrštenje karakteristika kojima obično raspolaže grafički crtač, kao na primjer različita debljina linija,

III olakšan rad operatera jer su mu na raspolaganju brojne poznate komande,

IV lako korištenje i učenje za one koji nemaju prethodnog iskustva u programiranju,

V lako dodavanje novih karakteristika i procedura za specifične namjene.

Sam jezik zasnovan je kao paket FORTRAN IV podrutina, a programiranje u njemu traži pisanje niza CALL (pozivnih) navoda (statement). Prilog I daje uzorak trenutno postojećih rutina, te pokušava objasniti njihovu primjenu.
U prilogu II prikazan je uzorak jednog programa.

2. struktura podataka

Stupnjevi podataka su »crtež«, »slika«, »krivulja«, »tačka«.

»Crtež« postoji samo u grafičkom obliku kojeg proizvodi izlazni instrument. Sastavljen je od jedne ili više »slika« koje se sve nalaze unutar istog »okvira«. Dimenzije tog okvira (koji se stvarno nacrta) određuje programer. Jedna programska operacija može proizvesti bilo koji hroj »crteža«.

»Sliku« u memoriji kompjutera predstavlja matrica 3 × N a programer joj nadjeva ime. Sastavljena je od jedne ili više »krivulja«. Većina komandi djeluje istovremeno na cijelu sliku, stvarajući tako drugu sliku na koju se opet može djelovati komandom prije nego što bude stvarno izvedena

ABSTRACT: This paper describes a programming language for the manipulation of arbitrary line drawings designed with the view of making it easy to learn and use by the graphic designer without programming experience. A large variety of commands are available to change the position, size and orientation of the picture. A number of mathematical transformations and random distortions are included, acting on the whole picture, on its curves or on the individual points. Further manipulations, combinations of existing ones and specific application procedures may be easily added by the user.

1. introduction

The primary design considerations in developing this graphic programming package were:

I A data format which does not necessitate mathematical representation of pictures, so that arbitrary line drawings of any complexity may be handled.

II Inclusion of feautures normally available to graphic designers, such as varying line-thickness.

III Convenience to the user by providing a rich variety of familiar commands.

IV Ease of use and of learning by those without prior programming experience.

V Ease of addition of new features and of specific application procedures.

The language has been implemented as a plackage of FORTRAN IV subroutines, and programming in it involves writing a series of CALL statements. Appendix I lists a sample of the routines currently available, and attempts to indicate their use. Appendix II illustrates a sample program.

2. data structure

The various levels of data are: "drawing", "picture", "curve", "point".

A "drawing" exists only in graphic form, produced by an output device. It is composed of one or more "pictures" all of which are contained in the same "frame". The dimensions of the frame (which is actually drawn) are specified by the programmer. A single program run may produce any number of "drawings".

A "picture" is represented by a 3 by N matrix in the computer memory, and is referred to by a name assigned to it by the programmer. It is composed of one or more "curves". Most of the commands operate on a whole picture at a time, producing another picture, which may be operated

GALERIJA SUVREMENE UMJETNOSTI
ZAGREB, KAMENITA VRATA 2 — TEL.

(nacrtana). Slika se može serijski vezati s drugom slikom i tako nastaju složene slike čija je jedina granica kapacitet pohranjivanja (storage).

»Krivulja« se sastoji od niza tačaka između kojih su po određenom redoslijedu povučeni smišljeni pravci. Krivulje unutar slike ne moraju biti spojene i mogu biti ma kojeg stupnja složenosti koji se može predstaviti kratkim, ravnim segmentima pravca.

»Tačka« je predstavljena jednom kolonom matrice. Tri parametra su: koordinate X i Y tačke koja se odnosi na porijeklo okvira (lijevi donji ugao), i IC, početak indikatora krivulje.

Zapravo imamo lančani prikaz (1) s apsolutnim koordinatama na kvadratnoj mreži s unutarmrežnim razmakom jednakim razlaganju izlaznog instrumenta (u našem slučaju 0,01 inča). Koordinate pohranjene kao slobodni brojevi tačaka, zaokružene su na najbližu stotinku inča prilikom izlaženja (output). Za svaku tačku koriste se tri riječi kompjuterove memorije; ako se koristi paket tehnika (packing routine) mogu se svesti na jednu riječ (na IBM 7094II).

Maksimalan broj tačaka koje mogu biti pohranjene u matrici, kao i stvaran broj tačaka u slici u ma kojem trenutku također su pohranjene u matrici, tako da su i kontrola potpisa pod sliku i sve manipulacije oko broja tačaka automatizirane.

3. ulaz

Osnovna ulazna rutina* READP registrira jednu karticu (record) za svaku tačku:

Kolone 1—5: X tj. 13.45
Kolone 6—10: Y tj. 08.62
Kolone 11—15: IC, tj. 2

Kraj slike signalizira kartica sa X = 99.99
Primjer: CALL READP (GIRL) registrira se u 600 tačaka koje sačinjavaju sliku lica djevojke na slici 1. Ta se slika kasnije naziva imenom »GIRL« (djevojka).
Slika 1. GIRL se sastoji od 600 tačaka

4. generatori standardnih oblika

Oblici koji se mogu proizvesti programskim pozivom obuhvaćaju standardne matematičke oblike (ravne pravce, četverokute, pravilne višekutnike, trokute, zvijezde, kružnice, elipse, spirale, itd.) mreže koje ispunjavaju okvir (pravokutne, logaritamske, polarne) i unakrsne šrafure s paralelnim crtama koje su raspoređene nasumce ili

on again before it is actually output (drawn). A picture may be catenated to another picture, so that complex pictures may be built up, limited only by the available storage.

A "curve" consists of a series of points, with straight lines assumed drawn between sucessive points. The curves within a picture need not be connected, and may be of any complexity which can be represented by short straight line segments.

A "point" is repesented by one column of the matrix. The three parameters are: the X and Y coordinates of the point relative to the origin of the frame (bottom left corner); and C, the beginning of curve indicator.

In effect we have a chain repesentation (1) with absolute coordinates on a rectangular grid with intergrid distance equal to the resolution of the output device (in our case 0.01 inches). The coordinates, stored as floating point numbers, are rounded to the nearest one hundredth of an inch as they are output. Three words of computer memory are used for each point; using a packing routine this can be reduced to one word (on the IBM 7094II).

The maximum number of points which may be stored in the matrix, as well as the actual number of points in the picture at any time are also stored in the matrix, so that subscript checking and all manipulations involving the number of points are done automatically.

3. input

The basic input routine READP reads one card (record) for each point:

Columns 1 — 5: X e.g. 13.45
Columns 6 — 10: Y e.g. 08.62
Columns 11 — 15: IC e.g. 2

The end of a picture is signalled by a card with X = 99.99
e. g. CALL READP (GIRL) reads in the 600 points which make up the girl's face shown in Figure 1. This picture is referred to thereafter by the name "GIRL".

4. standard figure generators

The figures which may be generated by program call include standard mathematical shapes (straight line, rectangle, regular polygons, triangle, stars, circle, ellipse, spiral, etc.), frame filling grids (rectangular, logarithmic, polar) and cross-hatchings with the parallel lines either uniformly or randomly distributed. A general mathematical figure



Sl. 1. GIRL se sastoji od 600 tačaka
Fig. 1. GIRL consists of 600 points

jednoobrazno. Uključen je također i jedan generator općih matematičkih oblika koji stavlja u pokret potprogram bilo koje funkcije što ga ispiše operater, specificirajući jednadžbe željenih krivulja ili porodica krivulja.

5. izlazne (izvedbene) rutine ovisne o stroju

Osnovni razdjelnik (interface) u izlaznom organu je fiksiran u PLOT (markiranje) podrutini: CALL PLOT (X, Y, IC). Time se postavlja pero (ili zraka) ako je IC = 3, i vuče ravna linija do posljednje tačke. PLOT rutina, koja izračunava aproksimaciju ravne linije između bilo koje dvije tačke i stvara komande za povećano markiranje (incremental plotting) za CALCOMP 565 Digital Incremental Plotter, opisana je u SCOOP priručniku (2). SYMBOL rutina upotrebljava se za izvlačenje alfanumeričkih oznaka. Za izvlačenje (plot) X, Y bile su zadržane vrste u obliku konvencionalnih grafikona CALCOMP SCALE, AXIS i LINE šablona (2).
Jedna nedavno primijenjena verzija pokreće jedan IBM 2250 indikatorski sklop spojen na System 360/50.

6. izlaz (izvedba)

FRAME (okvir) rutina pokreće papir (ili film) kraj posljednjeg okvira, pronalazi novi ishod i crta okvir. DRAW rutina pravi jednu sliku ponovljenim pozivima PLOT-a.

generator is also included, which drives any function subprogram written by the user specifying the equation of the desired curve or family of curves.

5. machine dependent output routines

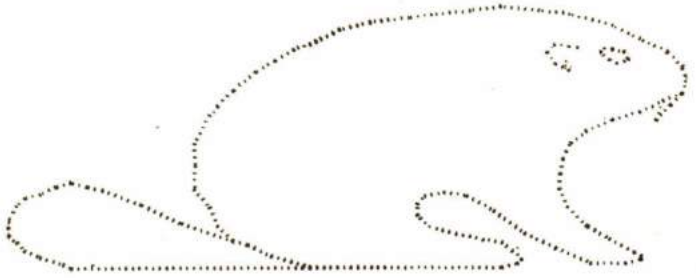
The basic interface with the output device is embedded in the PLOT subroutine: CALL PLOT (X, Y, IC). It position the pen (or beam) if IC = 3, and draws a straight line from the last point otherwise. The PLOT routine which calculates the straight line approximation between any two points and generates the incremental plot commands for the CALCOMP 565 digital incremental plotter used is described in the SCOOP manual (2). The SYMBOL routine is used to draw alphanumeric characters. For plotting X, Y arrays in the form of conventional graphs the CALCOMP SCALE, AXIS and LINE routines were retained (2).
Another version recently implemented drives an IBM 2250 display unit connected to a System 360/50.

6. output

The FRAME routine moves the paper (or film) past the last frame, establishes a new origin and draws the frame. The DRAW routine displays one picture, by repeated calls of

Svaka se tačka provjerava i, ako je izvan okvira, linija se vuče samo do okvira. LABEL dodaje tekst, kao što je ime crteža, nešto ispod okvira. Datum i broj okvira kao i opaska o copyrightu (ako se želi) dodaju se automatski.
Tip željene linije — puna, tačkasta, crtkana, tačka-crta, »ograda« (vidi sliku 2), nazupčana, valovita, spiralna, pilasta, tračna, nejasna — može se odabrati ili postavljanjem IC vrijednosti na odgovarajući način primjenjujući DRAW, ili specificirajući odgovarajuću podrutinu za izvlačenje linije kao parametar u pozivu na LINES (linije).

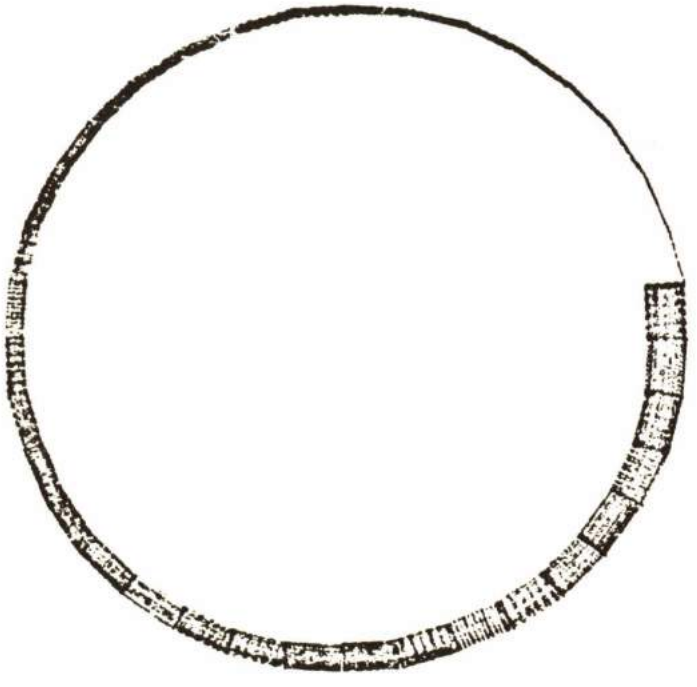
PLOT. Each point is checked, and if it is outside the frame the line is drawn only to the frame. LABEL adds text, such as the name of the drawing, just below the frame. The date and frame number, as well as the Copyright Notice (if desired) are added automatically.
The type of line desired-solid, dotted, dashed, dot-dash, fence (see Figure 2), jagged, wavy, turret, sawtooth, railway, fuzzy-may be selected either by setting the IC values appropriately and using DRAW, or by specifying the appropriate line drawing subroutine as a parameter in a call to LINES.



Sl. 2. Dabar nacrtan »ograda« linijama
Fig. 2. Beaver drawn with "fence" lines

Puna linija može biti bilo koje debljine (što se postiže izvlačenjem nekoliko međusobno paralelnih linija s razmakom između njih po razlaganju »plottera«), ili se mogu izvlačiti u debljini koja raste ili pada. To se postiže podjelom krivulje u stanovit broj dijelova i izvlačenjem svake daljnje linije deblje od prethodne (slika 3). Povrh toga, umjesto spajanja tačaka ravnim linijama mogu se obilježiti kao pojedinačne tačke.

The solid line may be of any thickness (accomplished by drawing a number of lines parallel to each other with the distance between them the plotter resolution), or it may have an increasing (or decreasing) thickness. This is done by subdividing the curve into a number of parts and drawing each one line thicker than the last (Figure 3). In addition, instead of joining the points by straight lines they can be plotted as individual dots.



Sl. 3. Kružnica promjenljive debljine linije
Fig. 3. Circle of varing thickness

7. osnovne rutine manipuliranja slikama

Šablona MOVE (pokret) i njene različite izvedenice (entry) dopuštaju pomicanje slike do određene tačke, po danoj horizontalnoj i vertikalnoj udaljenosti, do naredne slike, na preklopni položaj s drugom slikom, ili u središte okvira. Smatra se da je za tu svrhu slika predstavljena svojim »obuhvatnim kvadratom« (najmanji kvadrat sa stranicama koje su paralelne s okvirom i zatvaraju sliku) i svojim središtem.

dimenzioniranje:

Šablona SIZE (veličina) i njezine izvedenice omogućuju širenje ili sažimanje istim ili drukčijim faktorima uz osi X i Y. Promjena na željenu veličinu može se također specificirati. Izvedenica NORMAL centrira sliku i dimenzionira je tako da se upravo uklapa u okvir bez izobličenja. Izvedenica FILL (ispuniti) izvodi sliku tako da dodiruje okvir na svim stranicama, što obično ima za posljedicu izobličenje.

orijentacija:

Uvrštene su također rotacija, zrcalna slika i kosa transformacija (mršava) — slika 4.
Uvrštene su također i često upotrebljavane kombinacije, npr. PICTUR izvodi sliku, normalizira je, izvlači novi okvir i crta sliku. Operater može lako dodati vlastite kombinacije.

7. basic picture manipulation routines

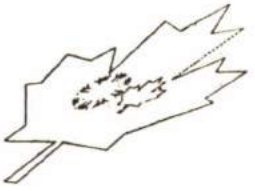
Translation:
The MOVE routine and its various entries allow for moving a picture to a given point, by a given horizontal and vertical distance, next to another picture, into an overapping position with another picture, or into the center of the frame. For this purpose the picture is assumed to be represented by its "enveloping rectangle" (smallest rectangle with sides parallel to the frame just enclosing the picture) and its center.

scaling:

The SIZE routine and its entries allow for expansion and contraction by the same or different factors along the X and Y axes. Change to a desired size may also be specified. The NORMAL entry centers the picture and scales it so that it will just fit into the frame without distortion. With FILL the picture is made to touch the frame on all sides, usually resulting in a distortion.

orientation:

Rotation, mirror image and an oblique transformation (lean) are also included (Figure 4).
Frequently used combinations are provided, e. g. PICTUR inputs a picture, normalizes it, draws a new frame and draws the picture. The user can easily add his own combinations.



Sl. 4. Slika dobijena kosom transformacijom
Fig. 4. Picture obtained by an oblique transformation

8. matematičke transformacije

Uvrštena je također i opća šablona matematičke transformacije koja omogućava da se bilo koji potprogrami funkcije, koje je napisao operater, primijene na kvadratne ili polarne koordinate svake tačke slike. Na primjer, koordinate X i Y (u odnosu na centar) svake tačke mogu se kvadrirati (dajući tako sliku 5 iz slike 1). Ostale funkcije koje daju zanimljiva izobličenja jesu IMPLOD, EXPLOD, i SQROOT (implozija, eksplozija i kvadratni korijen).

Podrutina (subrutine) za perspektivne transformacije afiniteta, kolineacije, elacije i homoteciteta (3) korisna je u tehničkom crtanju i daje zanimljive kontinualne transformacije

8. mathematical transformations

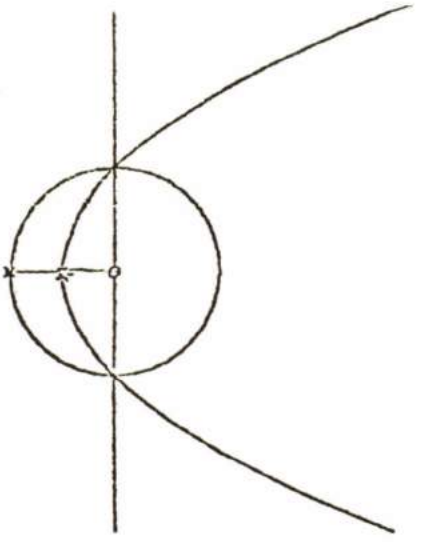
A general mathematical transformation routine is provided which allows any function subprograms written by the user to be applied to the rectangular or polar coordinates of each point of the picture. For example, the X and Y coordinates (relative to the center) of each point may be squared (giving Figure 5 from Figure 1). Other functions that provide interesting distortions are IMPLOD, EXPLOD, and SQROOT.

The subroutine for perspective transformations of affinity, colineation, elation and homothecity (3) is useful in engineering drawing and provides interesting continuous transformations (Figure 6).



Sl. 5. Slika dobijena kvadriranjem koordinata X i Y svake tačke GIRL

Fig. 5. Picture obtained by squaring the X and Y coordinates of each point of GIRL



Sl. 6. Elacija transformira kružnicu u parabolu

Fig. 6. Elation transforms circle into parabola

9. nasumce uzete transformacije

Ove su uvrštene zbog interesa u studijama o »kontroliranoj izobličenju slika, nepravilno spacioniranim unakrsnim šrafurama i plohama stvorenim slučajnom, neplaniranom distribucijom tačaka.

Za kvadratasto distribuiranu varijabilu mora se specificirati minimum i maksimum unutar kojih se želi distribucija, a za normalnu distribuciju moraju se specificirati srednja, standardna devijacija, minimum i maksimum. Uvrštene su rutine za rotiranje, promjenu veličine i pomicanje slike nasumce uzetim količinama u okviru danih granica u ma kojoj željenoj kombinaciji. Pojedinačne referentne tačke mogu se pomicati nasumce uzetom količinom. Na slici 7 pustila se tačkama slika 1 da se pomaknu najviše 0,3 inča (srednja vrijednost 0, standaardna devijacija 0,3) unutar okvira 10×10 inča. Pojedinačne krivulje slike mogu se također pomicati, dimenzionirati i rotirati kontroliranim nasumce uzetim količinama, kao na slici 8.

9. random transformations

These were included because of an interest in "controlled randomness" studies, random distribution and distortion of pictures, irregularly spaced cross-hatching and surfaces generated by random distribution of points.

For a rectangularly distributed variable the minimum and maximum within which the distribution is desired has to be specified, for a normal distribution the mean, standard deviation, minimum and maximum are specified. Routines are provided to rotate, change size, and move a picture by random amounts within given limits in any desired combination. The individual data points may be moved by a random amount. In Figure 7 the points of Figure 1 were allowed to move a maximum of 0.3 inches (mean 0, standard deviation 0.3) in a 10 inch by 10 inch frame. The individual curves of the picture can also be moved, scaled and rotated by controlled random amounts, as in Figure 8.

10. osnovne operativne tehnike

Budući da je cilj omogućiti operateru bez iskustva u programiranju da shvati jezik, ili bar njegovu suštinu, nastojalo se da se maksimalno uključe podrutine. Tu ulazi

10. housekeeping routines

Since the aim is to allow the user without programming experience to understand the language, or at least a subset of it, as much as possible was included in the form of

postavljanje dimenzija okvira (koje se mogu mijenjati za vrijeme operacije) i uvodnih vrijednosti nasumce uzetog broja generatora, centriranje okvira na papiru, čišćenje matrice slike i postavljanje maksimalnog broja dopuštenih tačaka u svakoj slici.
Najbolje bi bilo kada bi se programiranje moglo izvršiti isključivo podrutinskim pozivima (vidi prilog II), ali se dimenzioniranje mora osigurati radi kontroliranja doznačenog kapaciteta pohrane (storage allocation). Za neupućenog operatera bit će koristan paket kartica što definira područja kojima se on može služiti.

subroutines. This includes the setting of frame dimensions (which may be changed during the run) and initial values of the random number generators, the centering of the frame on the paper, the clearing of a picture matrix, and the setting of the maximum number of points allowed in each picture.
It would be preferable if the programming could be done exclusively by subroutine calls (see Appendix II), but dimensioning must be provided to control storage allocation. For the uninitiated user a package of cards may be provided which define the areas he may use.



Sl. 7. GIRL nakon pomicanja tačaka nasumce
Fig. 7. GIRL after random movement of points



Sl. 8. GIRL nakon izobličavanja krivulja nasumce
Fig. 8. GIRL after random distortion of curves

Programer može miješati podrutinske pozive s bilo kojim drugim FORTRAN IV navoda (statement); čak će i neprogrameru DO petlja biti korisna.

The programmer may mix the subroutine calls with any other FORTRAN IV statements; even the nonprogrammer would find the DO loop useful.

11. zaključci

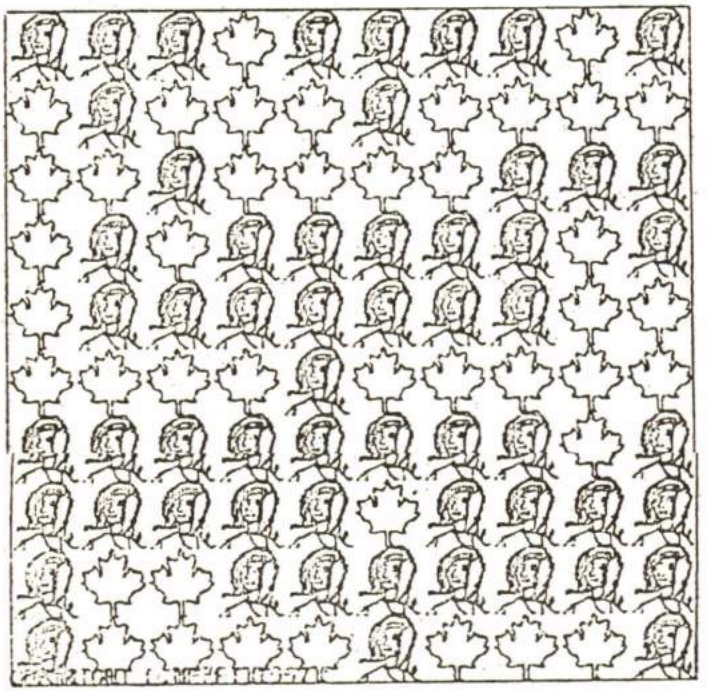
SPARTA paket je u svojoj sadašnjoj primjeni prikladan instrument za niz grafičkih eksperimenata. Vrijeme potrebno kompjuteru na IBM 7094II za prosječnu sliku leži u redu

11. Conclusions

The SPARTA package in its current implementation has been found to be a convenient vehicle for a number of graphic experiments. Computer time on the IBM 7094II for the

veličine od nekoliko sekundi, a čak i najsloženiji crteži nisu zahtijevali više od jedne minute da budu dovršeni. Vrijeme markiranja (plotting) za ilustracije na CALCOMP 565 (offline) je jedna minuta, osim za sliku 9 za koju je trebalo oko 20 minuta.

average picture is of the order of a few seconds, even the most complex drawings took less than one minute to generate. Plotting time for the illustrations on the CALCOMP 565 (offline) was of the order of one minute, except for Figure 9, which took approximately 20 minutes.



Sl. 9. Složeniji crtež izveden pomoću SPARTA
Fig. 9. A more complex drawing produced using SPARTA

Promjene koje su potrebne kod drugih izlaznih instrumenata (mikrofilm marker, cijev indikatora itd.) male su. Upravo se radi na razvoju verzije koja će generirati film, što u većini slučajeva traži dodavanje broja okvira parametrima podrutine. Također su dograđeni sklopovi za višebojno markiranje.

The changes required for other output devices (microfilm plotter, display tube, etc.) are small. A moviegenerating version is being developed, which in most cases involves the addition of a frame-count to the parameters of the subroutine. Facilities for multicolour plotting have also been added.

12. zahvale

Zahvaljujem se na podršci koju mi je pružio dr C. C. Gotlieb, direktor Instituta za kompjuteristiku, i dr T. E. Hull, predstojnik katedre za kompjuteristiku Sveučilišta Toronto. Također bih želio izraziti zahvalnost Gordonu Deeckeru, Michaelu Whartonu i Davidu Payneu na njihovim sugestijama i većem dijelu stvarnog programiranja.

12. acknowledgments

I am grateful for the encouragement of Dr. C. C. Gotlieb, Director of the Institute of Computer Science and Dr. T. E. Hull, Chairman of the Department of Computer Science in the University of Toronto. I would also like to express my gratitude to Gordon Meecker, Michael Wharton and David Payne for their suggestions and for most of the actual programming.

literatura
literature

FREEMAN, H.
"On the Encoding of Arbitrary Geometric Configurations".
June 1961, IRE Tranasactions on Electronic Computers. Vol. EC10, No. 2, 260—268.

CALIFORNIA COMPUTER PRODUCTS.
SCOOP Programming System for Digital Incremental Plotters.
Reference Manual, 1963.

BORECKI, V. P.
"Application of Projective Geometry to Engineering Statics and Dynamics".
Transactions of the Engineering Institute of Canada. Vol. 10, No. A-4, June 1967.

PRILOG I

RASPOLOŽIVE RUTINE

ULAZ:

READP(A) Interpretira sliku u matricu imenom A

READN(A) Interpretira i normalizira

PICTUR(A) Interpretira, normalizira, crta u novom okviru.

IZLAZ:

PLOT (X, Y, IC) Postavlja pero na X, Y (IC=3)
Vrijednost IC određuje tip linije
vuče liniju od posljednje tačke do X, Y (IC=3).

FRAME Pomiče izvor kraj posljednjeg okvira, crta novi okvir

LABEL (TAG, TITLE, NTA, NTI) piše tekst ispod okvira

DRAW(A) crta sliku pohranjenu u matrici A

LINES (SUB, A) crta A s tipom linije SUB

THICKN (A, NTHICK, N1, N2) crta dio slike A s tačke N1 do tačke N2 debljinom linije NTHICK. Crta cijelu sliku ako je N1=N2=0

VARTHC (A, NTHICK, MTHICK, N1, N2) crta od N1 do N2 debljinom linije koja varira od NTHIVK do MTHICK

GENERATORI STANDARDNIH SLIKA: (dobivena slika u matrici A)

RECT (X, Y, XLNG, YLNG, A) generira četverokut, donji lijevi kut X, Y, stranice XLNG, YLNG.

QUAD (X1, Y1, X2, Y2, X3, Y3, X4, Y4, A) generira četvorostrani lik spajajući četiri tačke.

POLGN (A, X, Y, AL, NSIDES) pravilan višekutnik sa NSIDES stranicama dužine AL, centar X, Y.

TRNGL3 (A, X1, Y1, X2, Y2, TH1, TH2) trokut i dva kuta (dvije stranice i kut, trostrani oblik također mogući).

CIRCL1 (A, CX, CY, R, DTHETA) centar (CX, CY) radius R, tačke svaki DTHETA stupanj.

STAR1 (A, XC, YC, ALNG) Davidova zvijezda: centar XC, YC; stranice dužine ALNG.

MTHFIG (SUB, MUL, XMIN, XMAX, XSTEP, PMIN, PMAX, PSTEP, TITLE, EQUN, A, NT1, NTE) stvara krivulje za Y=SUB (X), ili porodicu krivulja kojom upravlja parametar P.

APPENDIX I

AVAILABLE ROUTINES

INPUT:

READP(A) Reads a picture into matrix named A

READN(A) Read and normalize

PICTUR(A) Read, normalize, draw in new frame.

OUTPUT:

PLOT (X, Y, IC) Position pen at X, Y (IC=3)
Draw line from last point to X, Y (IC=3)
Value of IC determines type of line

FRAME Move origin past last frame, draw new frame

LABEL (TAG, TITLE, NTA, NTI) Write text below frame

DRAW(A) Draw picture stored in matrix A

LINES (SUB, A) Draw A with type of line SUB

THICKN (A, NTHICK, N1, N2) Draw part of picture A from point N1 to point N2 with tchickness NTHICK. Draw whole picture if N1=N2=0

VARTHC (A, NTHICK, MTHICK, N1, N2) Draw from N1 to N2 with thickness varying from NTHICK to MTHICK

STANDARD PICTURE GENERATORS: (Resulting picture in matrix A)

RECT (X, Y, XLNG, YLNG, A) Generate rectangle, lower left corner X, Y, sides XLNG, YLNG.

QUAD (X1, Y1, X2, Y2, X3, Y3, X4, Y4 A) Generate quadrilateral joining four points

POLGN (A, X, Y, AL, NSIDES) Regular polygon with NSIDES sides of length AL, center X, Y.

TRNGL 3 (A, X1, Y1, X2, Y2, TH1, TH2) Triangle-side and two angles (two sides and angle, three side form also available.)

CIRCL 1)A, CX, CY, R, DTHETA) Center (CX, CY) radius R, points every DTHETA degrees

STAR 1 (A, XC, YC, ALNG) Star of David: center XC, YC; sides of length ALNG

MTHFIG (SUB, MUL, XMIN, XMAX, XSTEP, PMIN, PMAX, PSTEP, TITLE, EQUN, A, NTI, NTE) Generates curve for Y = SUB(X), or family of curves controlled by parameter P

GRID (NX, NY, A) stvara NX puta NY mreži.

SEMILG (A, X, NY, KEY) NX, NY broja podjela, KEY određuje koja skala (ili oboje) logaritmički.

POLGRD (A, WA, XC, YC, DTHETA, DR, RMAX) polarna mreža (mora obraditi područje WA).

RGRID (NX, NY, A) kvadratna mreža s linijama mreže raspoređenim nasumce (kvadratno).

HATCH (A, WA, I, DI, J, DJ, K, DK, L, DL, X1, Y1, X2, Y2) šrafiranje do četiri smjera (paralelno jednoobrazno spacionirane linije — horizontalno, vertikalno, dvije dijagonale — danom gustoćom, u četvorokut između dvije tačke (donja lijeva, gornja desna). Moguće i spacioniranje nasumce.

OSNOVNE MANIPULACIJE: (radi na A, rezultat u AM) (u većini slučajeva AM može biti A, tj. rezultat nadomješta prvobitnu sliku.).

COPY (A, AM) kopira A u AM, nadomještajući sve što je AM sadržavala.

CAT (A, B) nadovezuje B na kraj A (ako je A dovoljno dug). To je jedina operacija koja dopunjava sliku, ostale nadomještaju sadržaje AM.

INTERP (A, AM, D) interpolira između tačaka svake krivulje A tako da svi razmaci nisu veći od D.

Translacija:

MOVE (X, Y, A, M) pomiče centar obuhvatnog četvorokuta od A do (X, Y) podešavajući sve tačke A u skladu s tim.

MOVEBY (FX, FY, A, AM) pomiče A za FX, FY.

MVNEXT (A, B, AM, NDIR) pomiče A do B NDIR 0-desno, 1-gore desno, itd.

OVRLAP (A, B, AM) pomiče A tako da se njegov centar poklapa s centrom B.

CENTER (A, AM) centar A u okviru.

Dimenzioniranje (skaliranje)

SIZE (FX, FY, A, AM) skala A puta FX u smjeru X, FY u smjeru Y, oko centra A.

SIZEXY (X, Y, A, AM) skala A tako da su X i Y stranice pravokutnika, ako je jedna dimenzionirana na nulu da bi druga stranica dobila zadanu veličinu bez izobličenja.

NORMAL (A, AM) centrirati A i dimenzionirati tako da upravo pristaje u okvir.

FILL (A, AM) centrirati A u okviru i ispuniti tako da slika dodiruje okvir na sve četiri stranice.

Orijentacija:

ROTATE (TH, A, AM) rotirati A oko središta za TH stupnjeva.

ROTPT (TH, X, Y, A, AM) rotirati A oko tačke X, Y.

MIRROR (A, AM, NDIR) zrcalna slika A oko horizontalne ili vertikalne linije kroz središte A.

OBLIQ (TH, A, AM) transformirati A savijanjem Y-osi radi dobivanja kuta od TH stupnjeva s pozitivnom X osi.

GRID (NX, NY, A) Generates NX by NY grid

SEMILG)A, NX, NY, KEY) NX, NY number of divisions, KEY determines which scale (or both) logarithmic

POLGRD (A, WA, XC, YC, DTHETA, DR, RMAX) Polargrid (needs work area WA)

RGRID (NX, NY, A) Rectangular grid with grid lines randomly (rectangularly) distributed

HATCH (A, WA, I, DI, J, DJ, K, DK, L, ML, X1, Y1, X2, Y2) Hatching (parallel uniformly spaced lines) in up to four directions (horizontal, vertical, two diagonals) with given densities, in rectangle between two points (lowerleft, upper right). Available with random spacing also.

BASIC MANIPULATIONS: (Operate on A, result in AM) (In most cases AM may be A, i.e. the result replace the original picture)

COPY (A, AM) Copies A into AM, replacing whatever AM contained

CAT (A, B) Catenates B to the end of A (if A is large enough). This is the only operation which adds to a picture, the others replace the contents of AM

INTERP (A, AM, D) Interpolate between the points of each curve of A so that all distances no greater than D

Translation:

MOVE (X, Y, A, AM) Moves center of enveloping rectangle of A to (X, Y) adjusting all points of A accordingly

MOVEBY (FX, FY, A, AM) Move A by FX, FY

MVNEXT (A, B, AM, NDIR) Move A next to B NDIR 0-right 1-top right, etc.

OVRLAP (A, B, AM) Moves A so its center coincides with center of B

CENTER (A, AM) Center A in frame

Scaling:

SIZE (FX, FY, A, AM) Scale A by FX in X direction, FY in Y direction, about center of A

SIZEXY (X, Y, A, AM) Scale A so X and Y are sides of the rectangle, if either is zero scaled to make the other side the given size with no distortion

NORMAL (A, AM) Center A and scale to just fit in frame

FILL (A, AM) Center A in frame and fill so picture touches frame on all four sides.

Orientation:

ROTATE (TH, A, AM) Rotate A about its center by TH degrees

ROTPT (TH, X, Y, A, AM) Rotate A about point X, Y

MIRROR (A, AM, NDIR) Mirror image of A about horizontal or vertical line through center of A

OBLIQE (TH, A, AM) Transform A by bending Y-axis to make angle of TH degrees with positive X-axis.

MATEMATIČKE TRANSFORMACIJE:

DSTXYP (X, Y, A, AM, FX, FY) izobličenje A oko (X, Y) podešavanjem X' = FX (X') i Y' = FY (Y') gdje su (X', Y') pravokutne koordinate tačke relativne na (X, Y).

DSTRP (X, Y, A, AM, FR) izobličenje oko (X, Y) podešavanjem R=FR (R) gdje je R udaljenost tačke od (X, Y).

Neke od funkcija koje se mogu primjenjivati sa DSTXYP su:

EXPLOD (X)
IMPLOD (X)
SQROOT (X)
SQUARE (X)
= X*EXP (ABS(X))
= X*EXP (—ABS(X))
= SIGN (SQRT) ABS(X), (Y)
= SIGN (X*X, X)

RAZNO

INTSCT (A, B, LIST, NL, INT, X1, Y1, X2, Y2, X3, Y3) vraća broj presjeka između A i B kao INT, prvo tri tačke u (X1, Y1) itd.

LIST je radno područje.

MIDPT (A, XMID, YMID, XLNG, XMIN, XMAX, YMIN, YMAX) vraća parametre slike A.

CLEAR (A) postavlja broj tačaka A na nulu, tako nadovezivanje u nju počinje stvarati novu sliku.

OPEN (XFR, YFR, RSTART, GSTART) inicira markiranje, podešava dimenzije okvira i početne vrijednosti nasumce uzetog broja generatora, centrira okvir na markirni papir.

SETMAX (A, NMAX) postavlja maksimalan dopušten broj tačaka NMAX-u, stvaran broj na nulu.

CLOSE zaokružuje rad markera.

CHFRD (XFR, YFR) mijenja dimenzije okvira; može se učiniti u ma kojoj fazi programa.

NASUMCE UZETE TRANSFORMACIJE:

RMOVER (A, AM, XMIN, XMAX, YMIN, YMAX) pomiče A do X, Y gdje su nasumce uzete X i Y varijabile pravokutno distribuirane između XMIN, XMAX, i YMIN, YMAX.

RMOVEG (A, AM XMEAN, XSTD, XMIN, XMAX, YMEAN, YSTD, YMIN, YMAX) kao i RMOVER ali X i Y imaju Gaussovu distribuciju sa srednjom, standardnom devijacijom. minimumom i maksimumom zadanim za svaki.

RSIZER (A, AM, FMIN, FMAX) dimenzioniranje nasumce (RSIZEG koristi Gaussovu distribuciju faktora dimenzioniranja).

RROTR (A, AM, THMIN, THMAX) rotiranje nasumce. (Također RROTG) (također rutine koje kombiniraju sve troje (pomicanje, dimenzioniranje, rotiranje).

MATHEMATICAL TRANSFORMATION:

DSTXYP (X, Y, A, AM, FX, FY) Distortion of A about (X, Y) by setting X' = FX (X') and Y' = FY (Y') where (X', Y') are rectangular coordinates of a point relative to (X, Y).

DSTRP (X, Y, A, AM, FR) Distortion about (X, Y) by setting R = FR (R) where is the distance of a point from (X, Y)

Some of the functions available for use with DSTXYP are:

EXPLOD (X)
IMPLOD (X)
SQROOT (Y)
SQUARE (X)
= X*EXP (ABS(X))
= X*EXP (—ABS(X))
SIGN (SQRT(ABS(X)), X)
SIGN (X*X, X)

MISCELLANEOUS:

INTSCT (A, B, LIST, NL, INT, X1, Y1, X2, Y2, X3, Y3) Returns number of intersections between A and B as INT, first three points in (X1, Y1) etc.

LIST is work area.

MIDPT (A, XMID, YMID, XLNG, YLNG, XMIN, XMAX, YMIN, YMAX) returns picture parameters of A

CLEAR(A) Sets number of points of A to zero, so catenation into it starts new picture

OPEN (XFR, YFR, RSTART, GSTART) Initializes for plotting, sets frame dimensions and starting values of random number generators, centers frame on plotting paper.

SETMAX (A, NMAX) Sets maximum allowed points to NMAX, actual number to zero

CLOSE Wraps up plotter operation

CHFRD (XFR, YFR) Changes frame dimensions, may be done at any point in the program.

RANDOM TRANSFORMATIONS:

RMOVER (A, AM, XMIN, XMAX, YMIN, YMAX) Move A to X, Y where X and Y random variables rectangularly distributed between XMIN, XMAX and YMIN, YMAX

RMOVEG (A, AM, XMEAN, XSTD, XMIN, XMAX, YMEAN, YSTD, YMIN, YMAX) As RMOVER, but X and Y have Gaussian distributions, with the mean, standard deviation, minimum and maximum given for each.

RSIZER (A, AM, FMIN, FMAX) Random scaling (RSIZEG uses Gaussian distribution of scaling factor)

RROTR (A, AM, THMIN, THMAX) Random rotate. (Also RROTG) Also routines which combine all three (move, scale, rotate)

RDSTPT (A, AM, XMEAN, XSTD, XMAX, YMEAN, YSTD, YMIN, YMAX) nasumce izobličenje svih tačaka A osim krajeva svake pojedine krivulje, pomicanjem svake tačke za DX, DY, s normalnom distribucijom kojom upravljaju prikazani parametri.
RDSTSG (A, AM, WA, FMEAN, FSTD, FMIN, FMAX, THMEAN, THMIN, THMAX, DXMEAN, DXSTD, DXMIN, DXMAX, DYMEAN, DYSTD, DYMIN, DYMAX) nasumce izobličenje svake krivulje od A normalno distribuiranim dimenzioniranjem, rotiranjem i pomicanjem.

PRILOG II

PRIMJER JEDNOG PROGRAMA U SPARTA-i
Taj će program proizvesti sliku 4:

```
REAL MAPLE (3, 50), EXPO (!, 100), WA (3, 1000), PICT (3,
1000)
CALL SETMAX (MAPLE, 50)
CALL SETMAX (EXPO, 100)
CALL SETMAX (WA, 1000)
CALL SETMAX (PICT, 1000)
CALL OPEN (16., 10.)                  Okvir 16×10 inča
CALL READN (MAPLE)                    Očitaj i normaliziraj
                                      javorov list
CALL READN (EXPO)                     očitaj i normaliziraj EXPO
                                      simbol
CALL SIZE (.1, .1, MAPLE, WA)         jedna desetina MAPLE od
                                      WA
CALL SIZE (.1, .1, EXPO, PICT)        pomaknuti javor (u WA)
CALL MVNEXT (WA, PICT, WA, O)         desno od expo
CALL CAT (PICT, WA)                   staviti javor i expo
                                      zajedno u PICT
CALL SIZE (.5, .5, MAPLE, WA)         pola veličine normaliziranog javora
CALL MOVEBY (—2., 0., WA, WA)         pomaknuti dva inča
                                      ulijevo
CALL OVRLAP (PICT, WA, PICT)          pomaknuti malo javor i
                                      desno od expor
CALL CAT (PICT, WA)                   u javor — kombinirate
                                      sve troje u PICT
CALL OBLIQE (45., PICT, PICT)         izvući okvir i rezultat

CALL DRAWF (PICT)                     kosa transformacija na
                                      rezultat
CALL CLOSE
STOP
END
```

RDSTPT (A, AM, XMEAN, XSTD, XMIN, XMAX, YMEAN, YSTD, YMIN, YMAY). Random distortion of all points of A except the ends of each curve, by moving each point by DX, DY with normal distribution controlled by the parameters shown.
RDSTSG (A, AM, WA, FMEAN, FSTD, FMIN, FMAX, THMEAN, THSTD, THMIN, THMAX, DXMEAN, DXSTD, DXMIN, DXMAX, DYMEAN, DYSTD, DYMIN, DYMAX) Random distortion of each curve of A by normally distributed scaling, rotation and moves.

APPENDIX II

EXAMPLE OF A PROGRAM IN SPARTA
The program will produce Figure 4:

```
REAL MAPLE (3,50), EXPO (3,100), WA (3,1000), PICT (3,1000)

CALL SETMAX (MAPLE, 50)
CALL SETMAX (EXPO, 100)
CALL SETMAX (WA, 1000)
CALL SETMAX (PICT, 1000)
CALL OPEN (16., 10.)                  Frame 16 by 10 inches
CALL READN (MAPLE)                    Read and normalize
                                      maple leaf
CALL READN (EXPO)                     Read and normalize
                                      expo symbol
CALL SIZE (.1, .1, MAPLE, WA)         One tenth maple to
                                      WA
CALL SIZE (.1, .1, EXPO, PICT)        Move maple (in WA)
CALL MVNEXT (WA, PICT, WA, O)         to right of expo
CALL CAT (PICT, WA)                   Place maple and expo
                                      together in PICT
CALL SIZE (.5, .5, MAPLE, WA)         Half size normalized
                                      maple
CALL MOVEBY (—2., O., WA, WA)         Move 2 inches to left

CALL OVRLAP (PICT, WA, PICT)          Move little maple
                                      and expo into maple
CALL CAT (PICT, WA)                   Combine the three
                                      into PICT
CALL OBLIQE (45., PICT, PICT)         Oblique transformation
                                      on result
CALL DRAWF (PICT)                     Draw frame and
                                      result
CALL CLOSE
STOP
END
```

prijevod: Božidar Springer

petar milojević

dinamičko crtanje

petar milojević
mc gill university, montreal

dynamic design

Produkcija ovog rada pomoću kompjutera nije bila slučajna. Naprotiv, ono je dio stalne upotrebe tehnologije u razvijanju različitih ideja.

Ovaj rad bavi se samo malim dijelom velikog broja pokusa i predstavlja nove vidike na jednostavne crteže, bez uvlačenja u zamršene kompozicije, što je izvan ovog rada.

Do danas klasificirali su se jednostavni crteži samo po liku, a prikazivali su se samo u krutom skupu raznolikih oblika. Mi međutim želimo ove jednostavne crteže prikazati na dinamičan, tj. kontinuiranim vrednovanjem crteža, pomoću malog broja njegovih beskonačnih oblika.

Drugi pozitivni vidovi dinamičkog crtanja koji se ne smiju previdjeti, jesu privlačenje promatrača i njegovo zaokupljanje, održavajući tako njegovu zainteresiranost i ohrabrujući ga ujedno da misli na isti način, no ostavljajući mjesta za njegovo vlastito aktivno sudjelovanje. Kao rezultat upotrijebit će on svoj vlastiti sud i vlastito izražavanje, uključujući pri tom svoje vlastite pobude i ideje.

Tako, dinamika jednostavnih crteža nije ograničena na određenu dobnu grupu nego na sve zainteresirane u ovoj oblasti. Imajući to na umu više je vjerojatno da će promatrač prikupljati takvo iskustvo samoinicijativno, što će izazvati opširnije promatranje, bolji vizualni izraz i još dublje razmišljanje.

The production of this work by using computers was no accident. Rather it is a part of the continuing use of technology in developing different ideas.

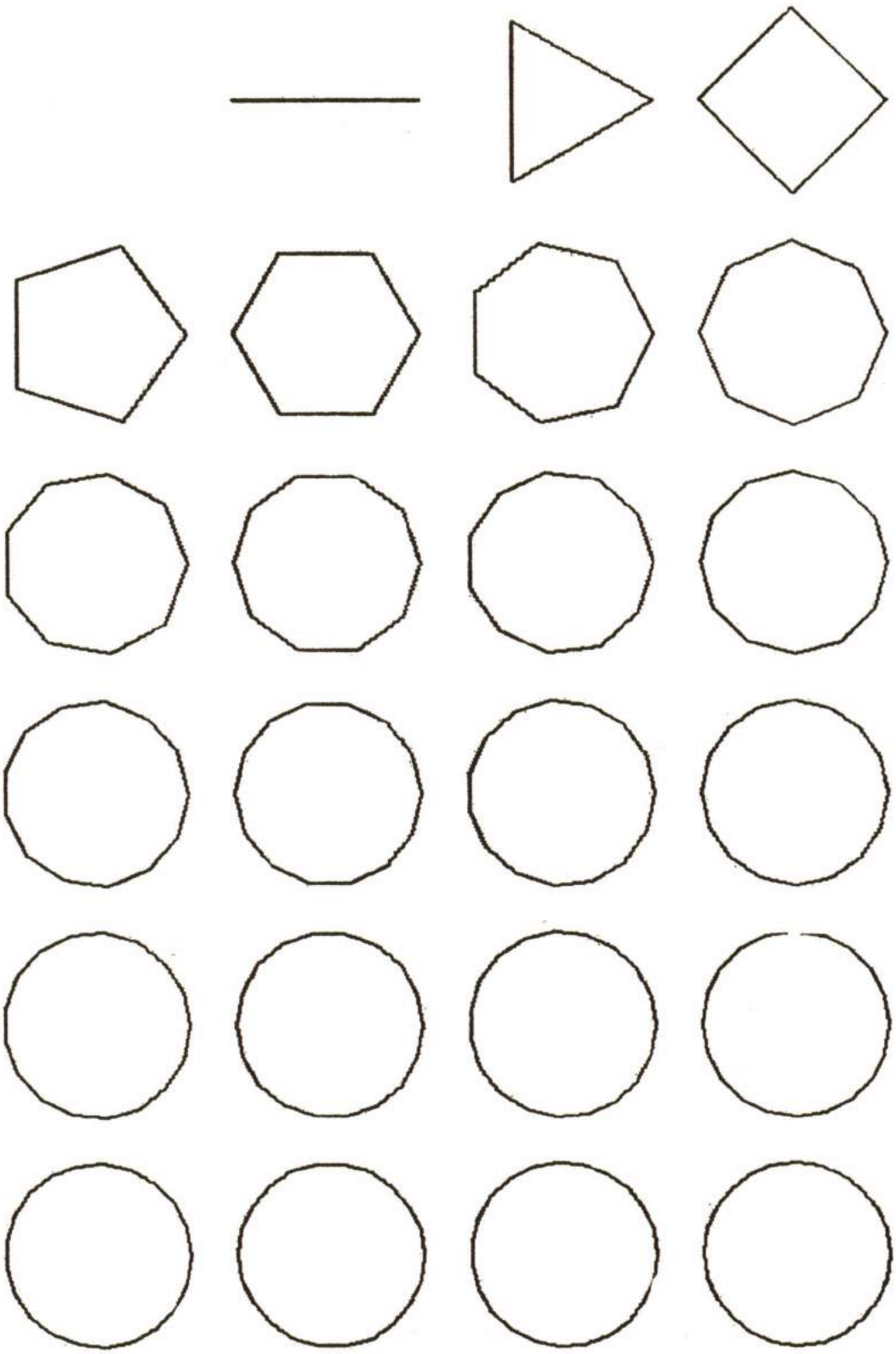
This work deals with only a few, out of a large number of tests and represents a new look at simple designs without involving them in complex compositions, which would be beyond the scope of this work.

Simple designs up to now have been classified only according to shape and presented merely as a rigid collection of different forms. We however, wish to present these simple designs in a dynamic fashion, that is, by a continuous evaluation of a design through a small number of its infinite forms.

Other positive aspects of dynamic design not to be overlooked are the attraction of the reader, and his involvement: this involves holding his interest and encouraging him to think along certain lines but leaving room for his own active participation. In this way, he makes use of his own judgement, ideas and self-expression.

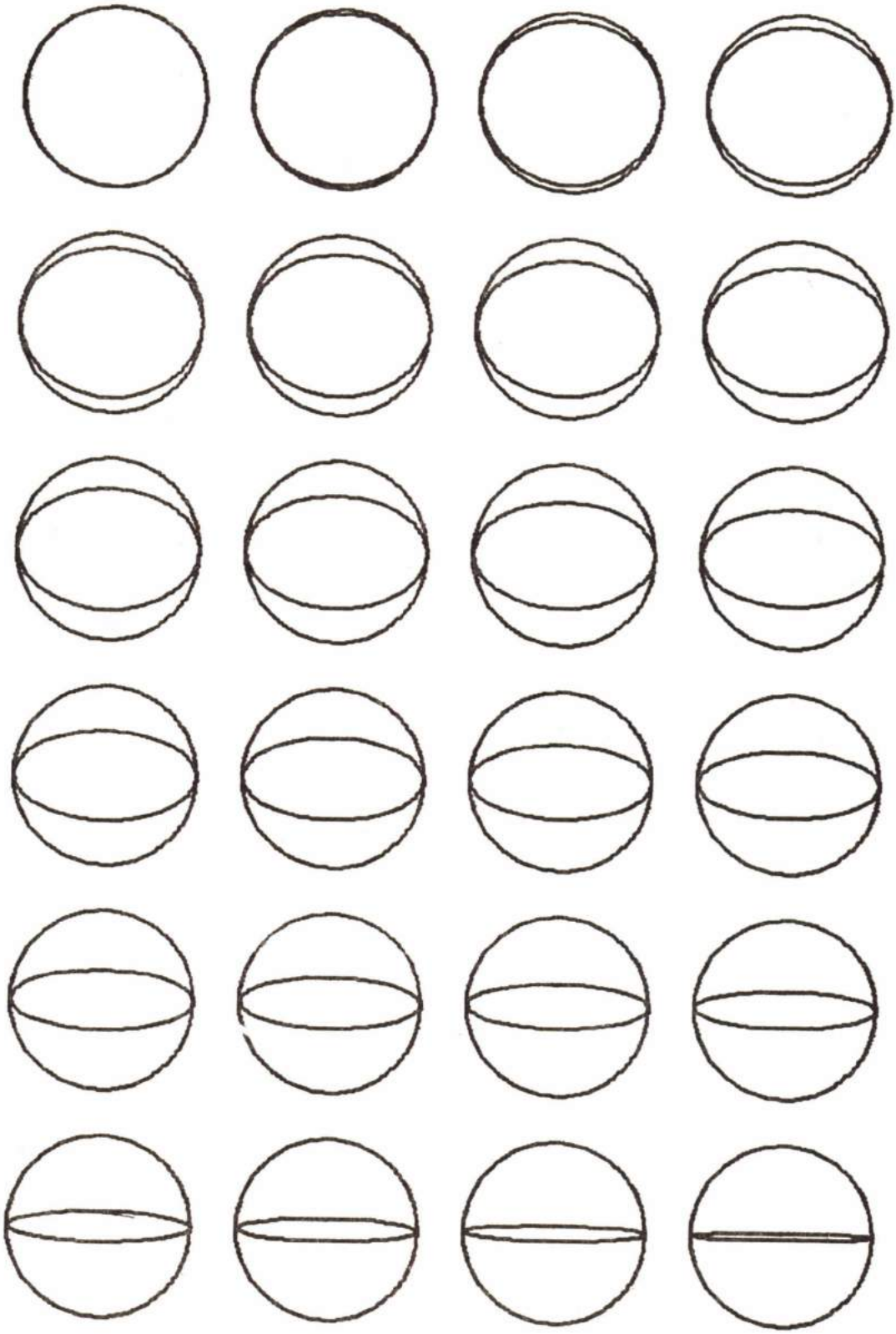
Thus, an interest in the dynamics of simple designs is not limited to a certain age-group but to all concerned in this field. With this in mind, the reader is more likely to continue this experience on his own resulting in more reading, more visual expression and even more thought.

prijevod: Pavao Roth



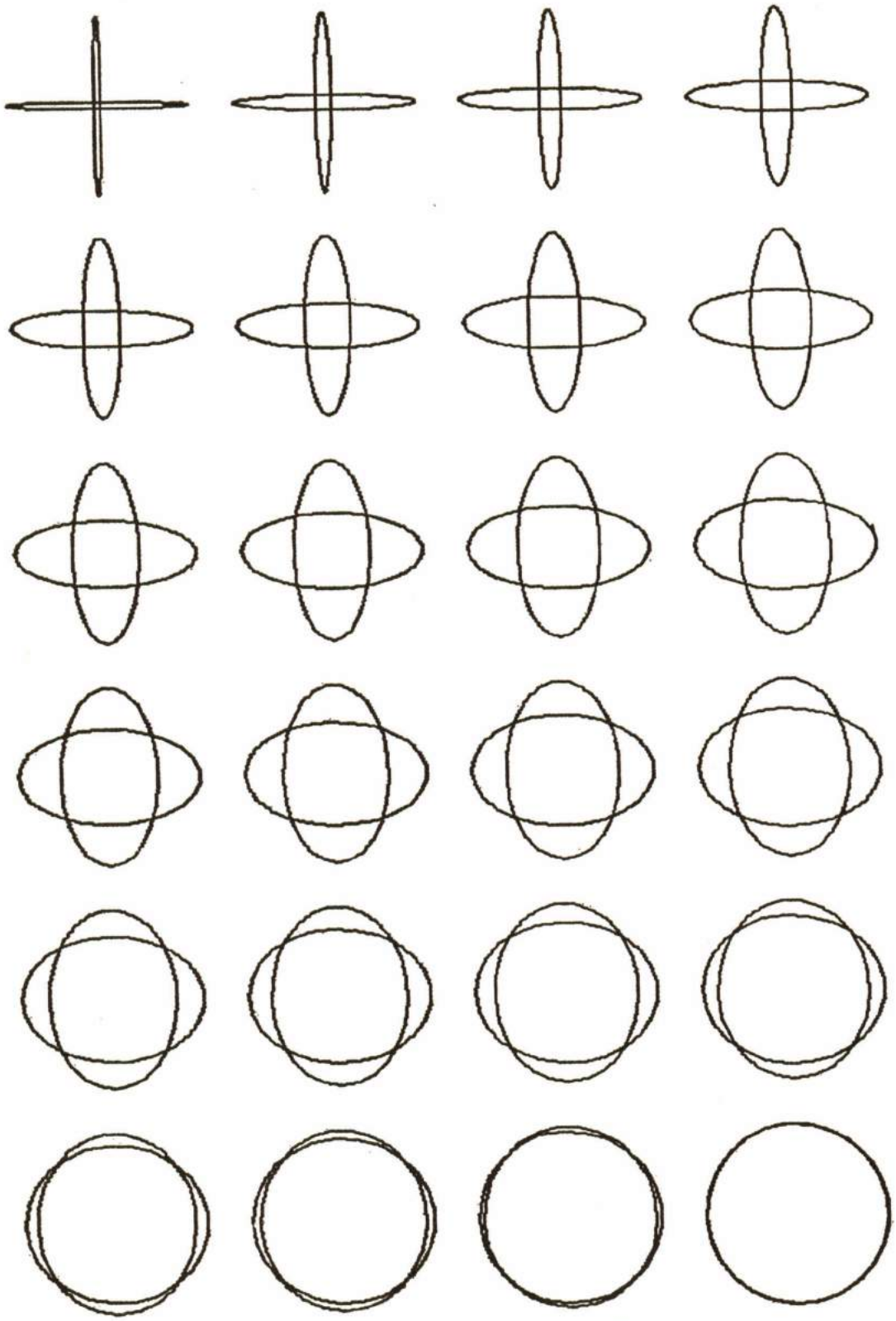
Sl. 1. Crtež
Fig. 1. Design

copyright p. milojević 1968.



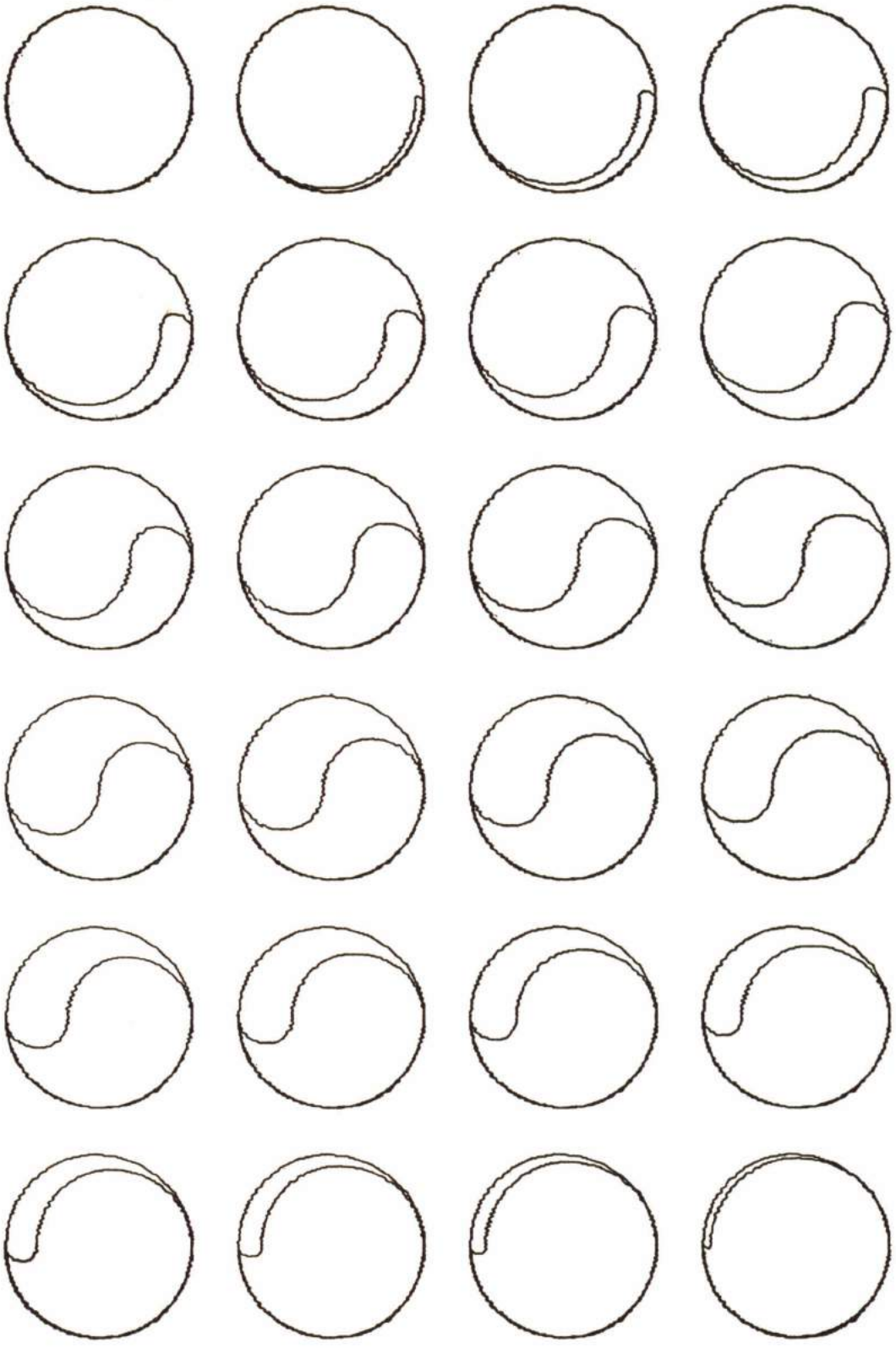
Sl. 4. Crtež
Fig. 4. Design

copyright p. milojević 1968.



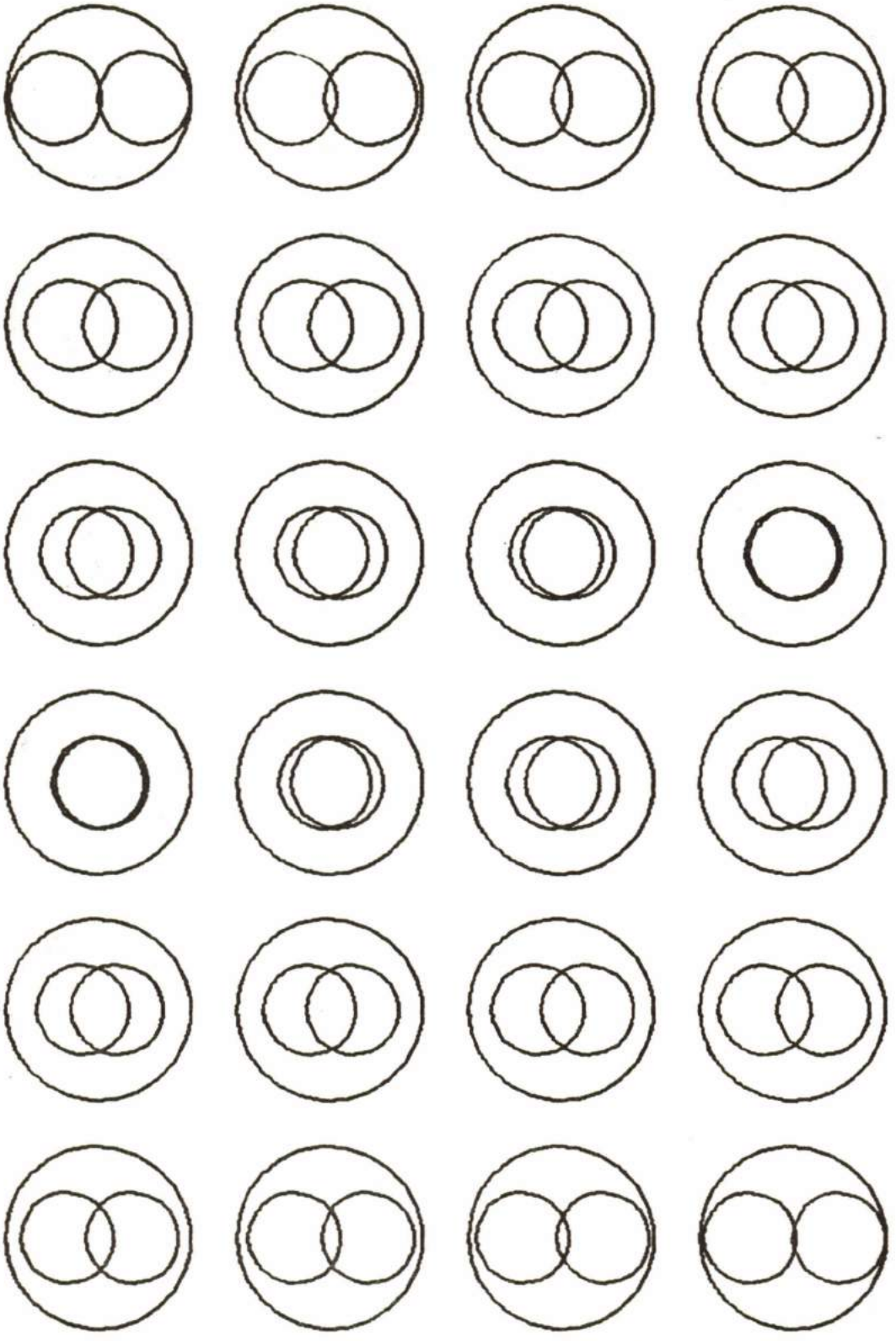
Sl. 5. Crtež
Fig. 5. Design

copyright p. milojević 1968



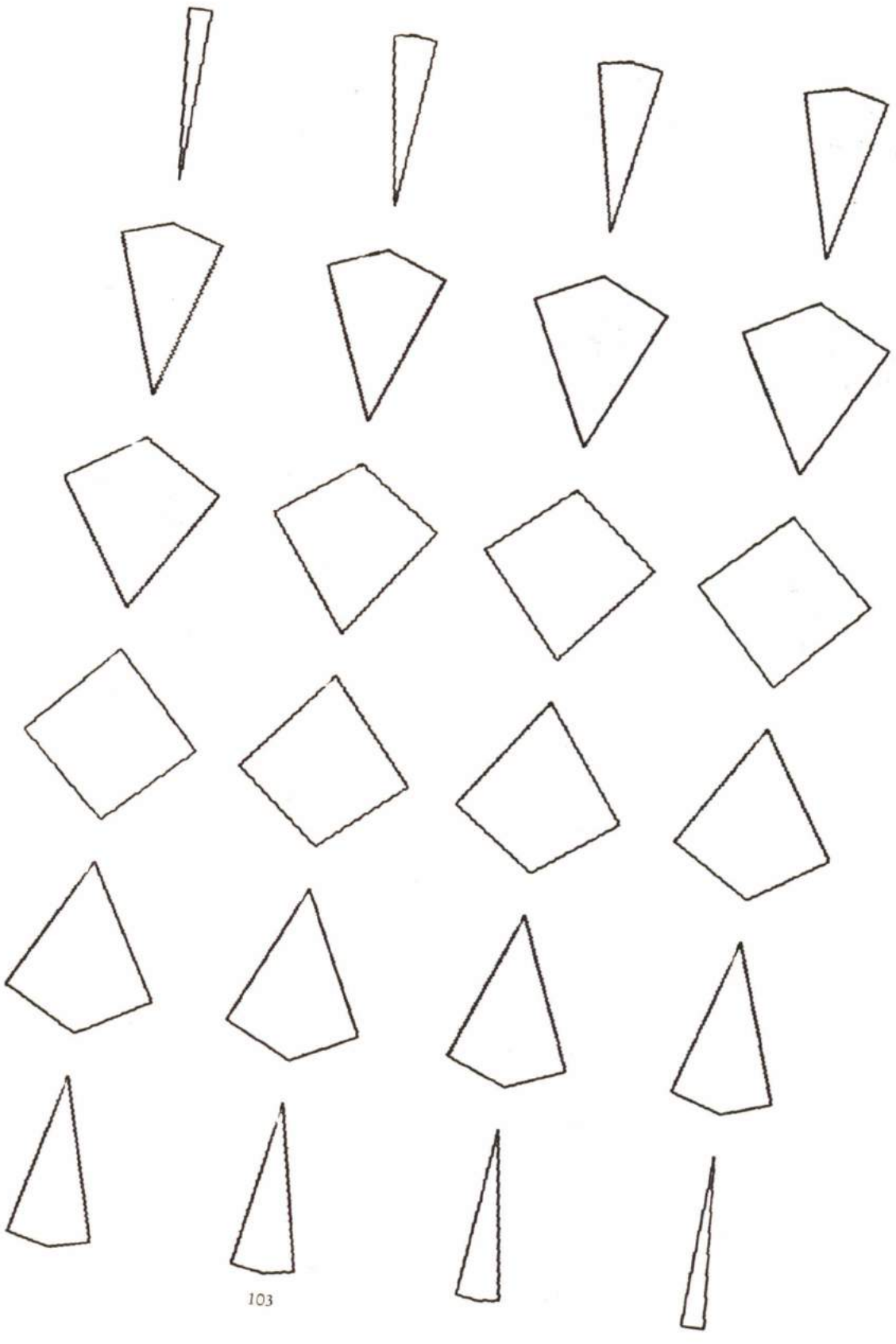
Sl. 6. Crtež
Fig. 6. Design

copyright p. milojević 1968.



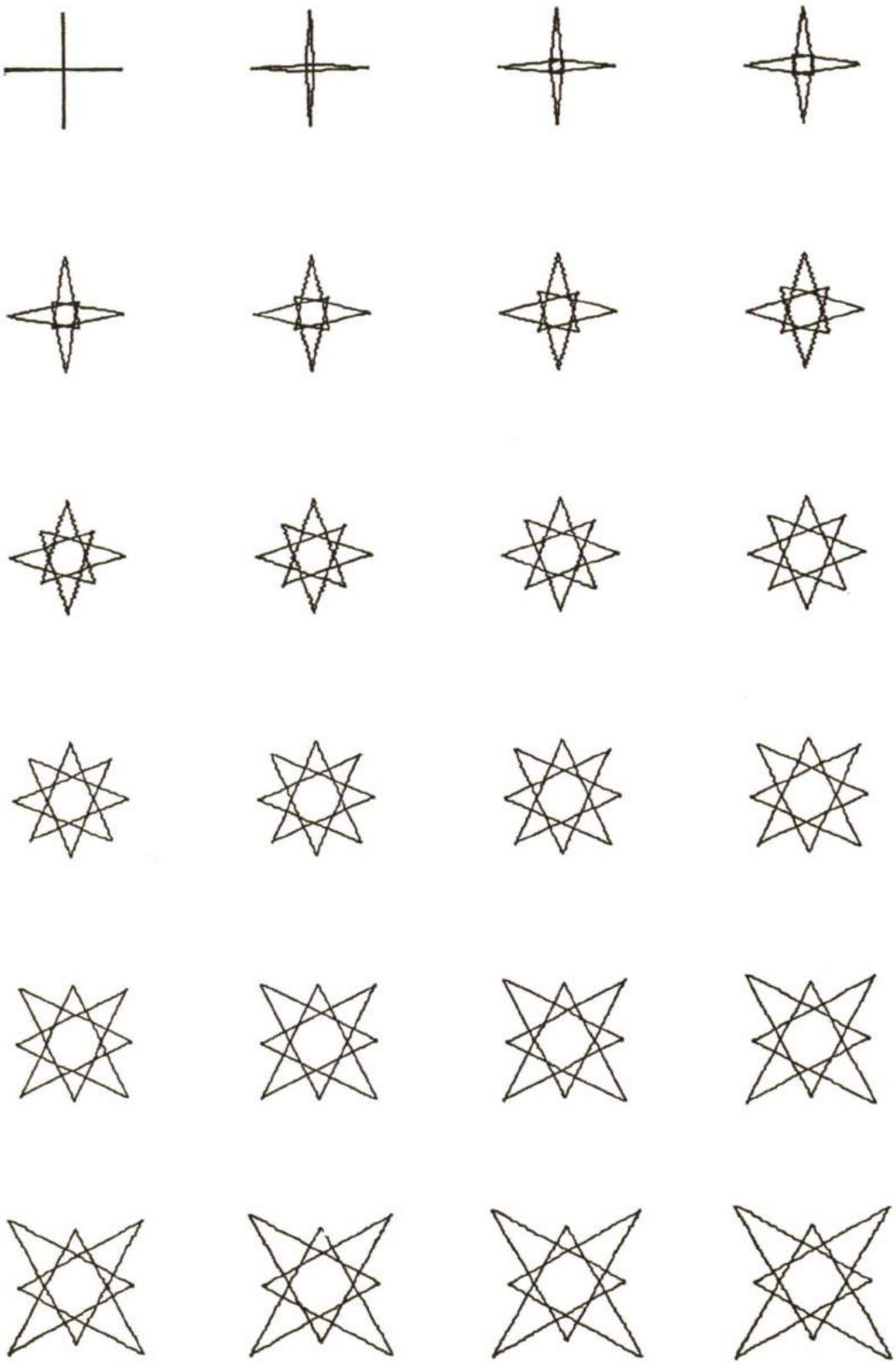
Sl. 8. Crtež
Fig. 8. Design

copyright p. milojević 1968.



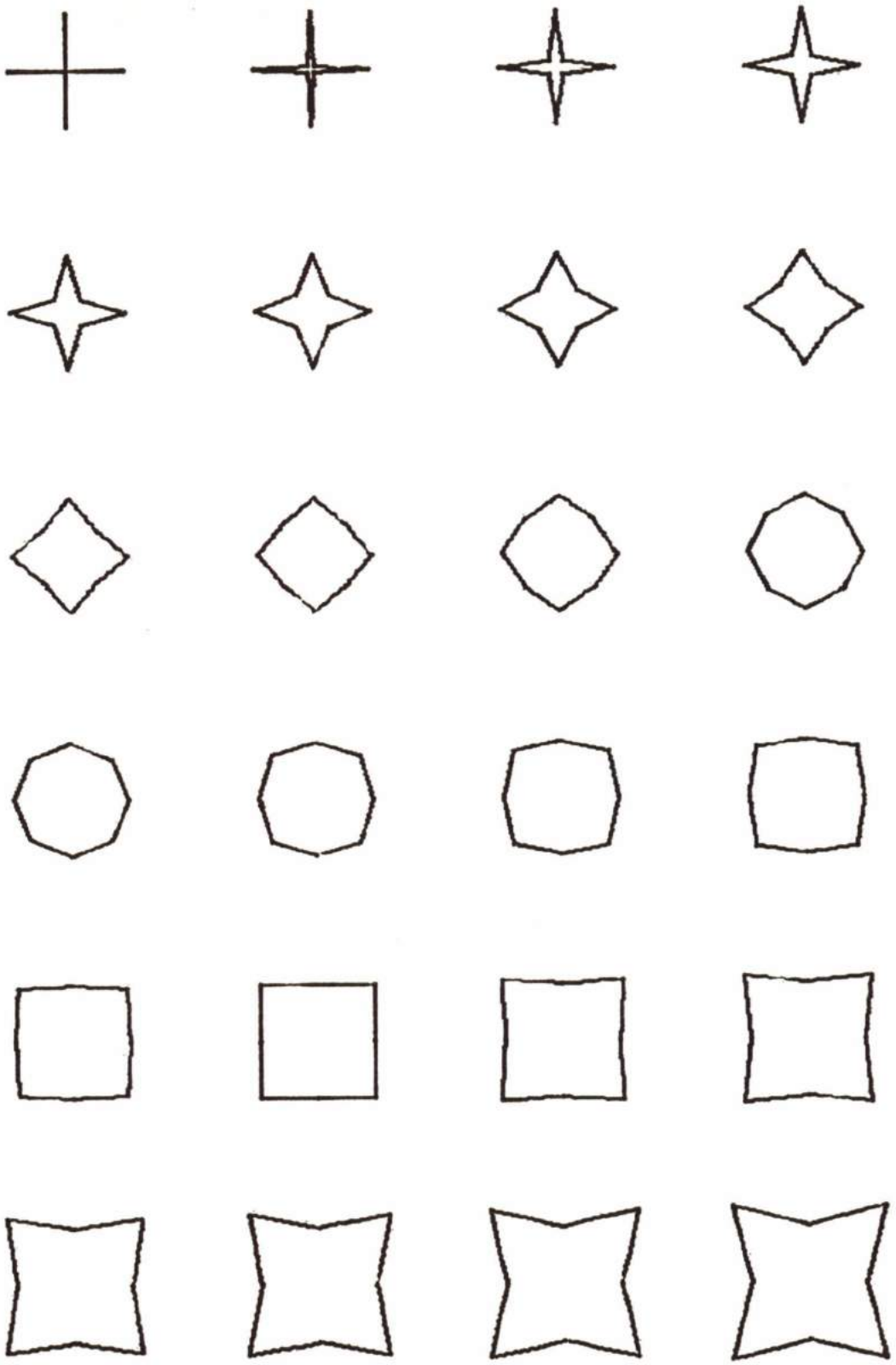
Sl. 9. Crtež
Fig. 9. Design

copyright p. milojević 1968.



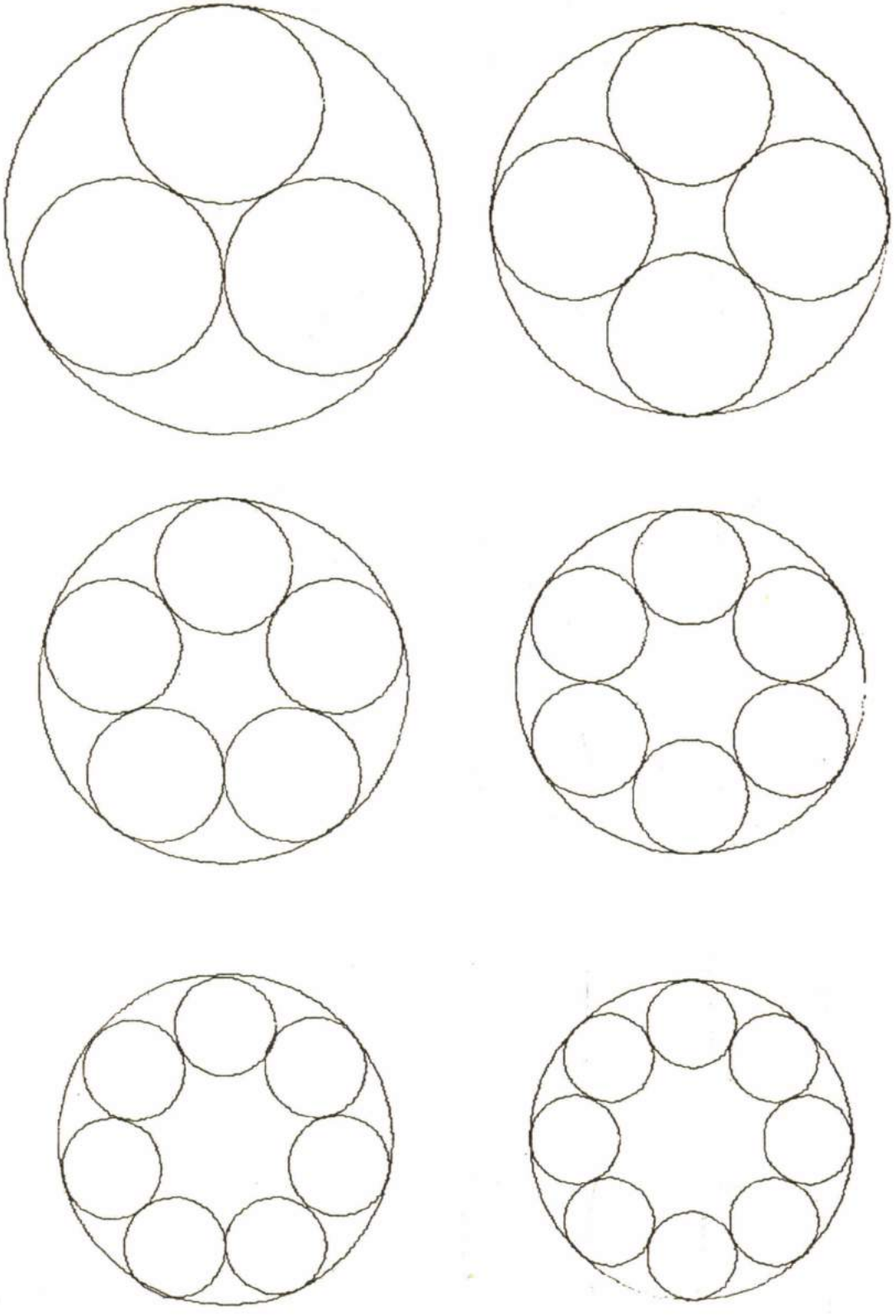
Sl. 10. Crtež
Fig. 10. Design

copyright p. milojević 1968.



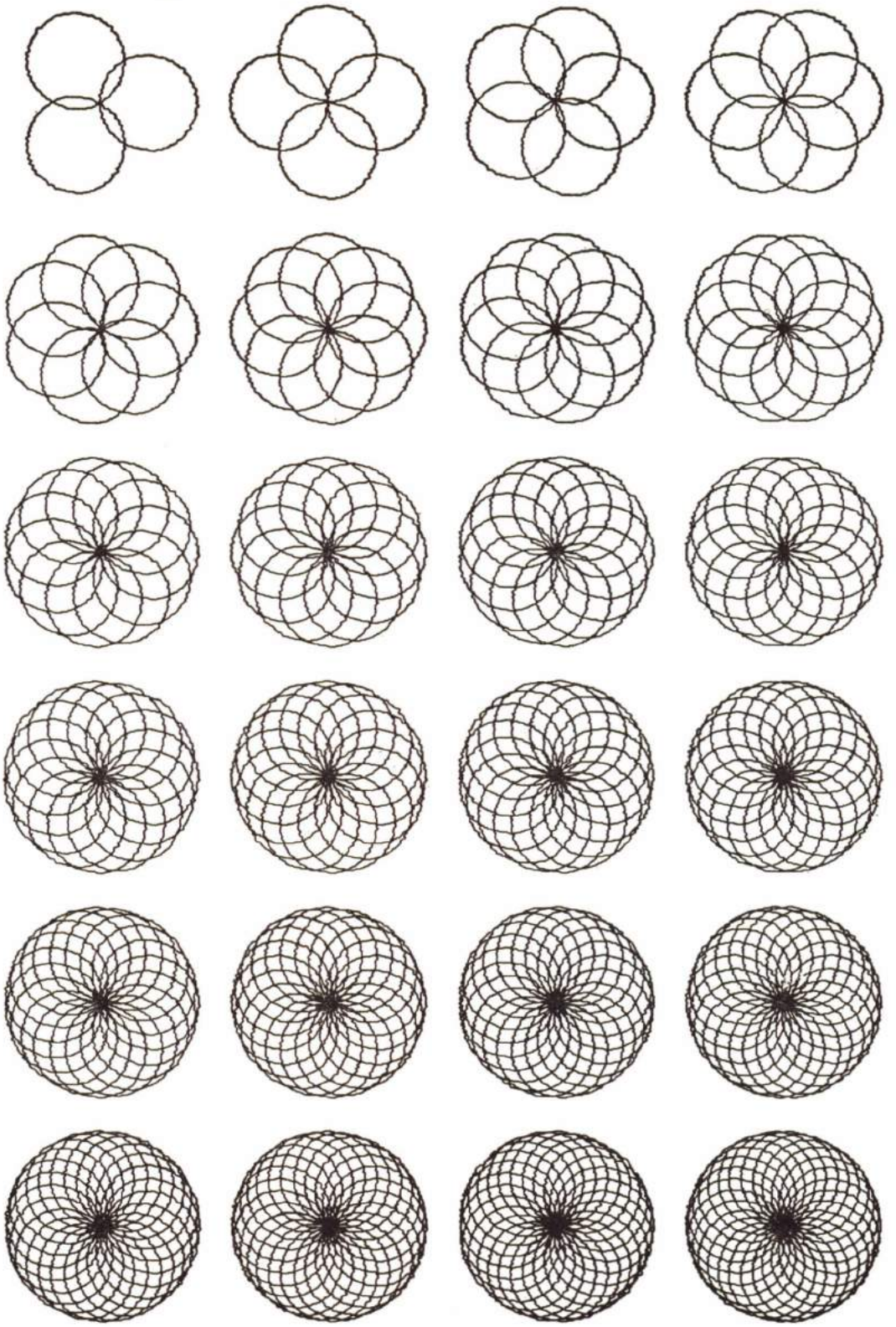
Sl. 11. Crtež
Fig. 11. Design

copyright p. milojević 1968.



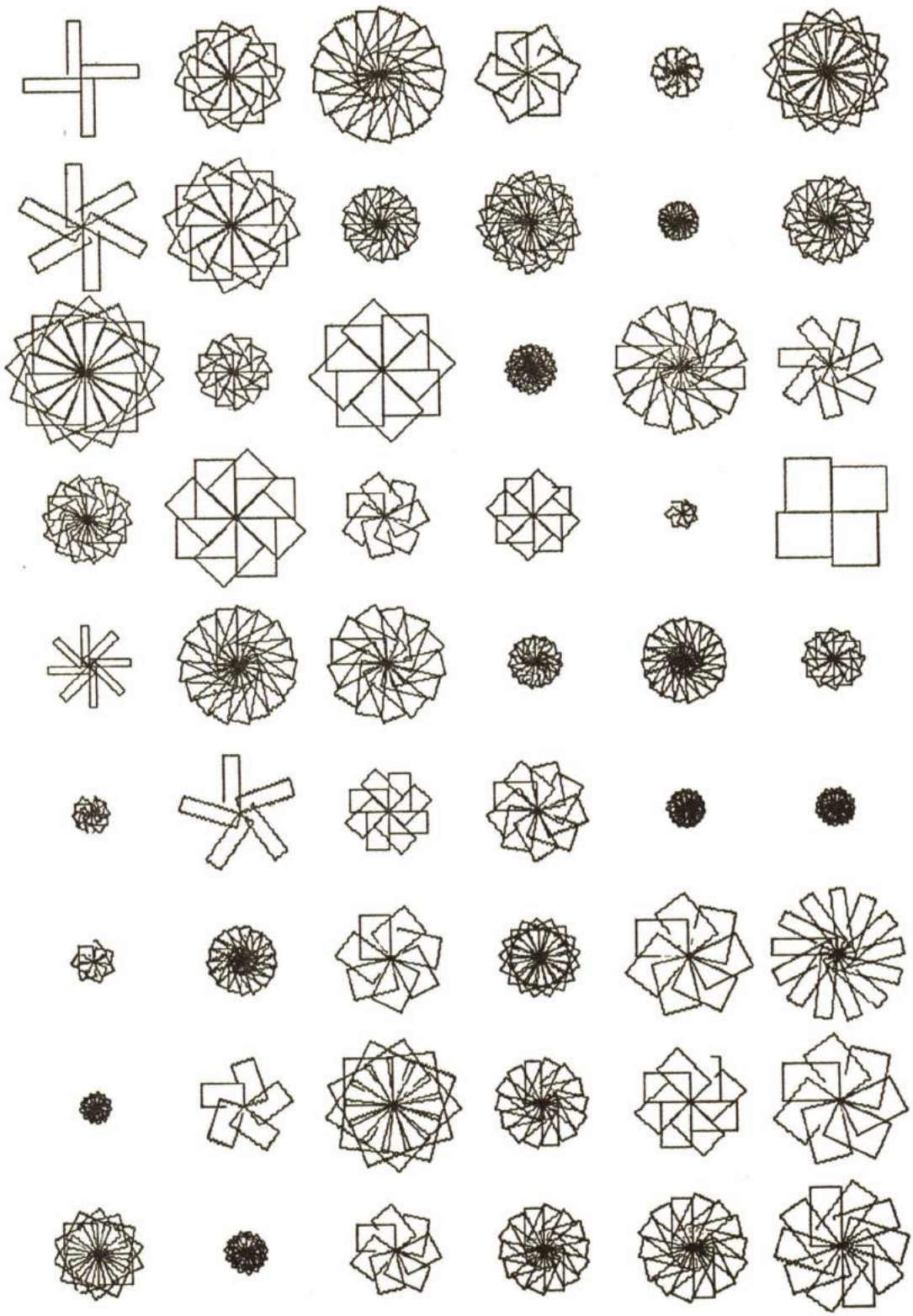
Sl. 12. Crtež
Fig. 12. Design

copyright p. milojević 1968.



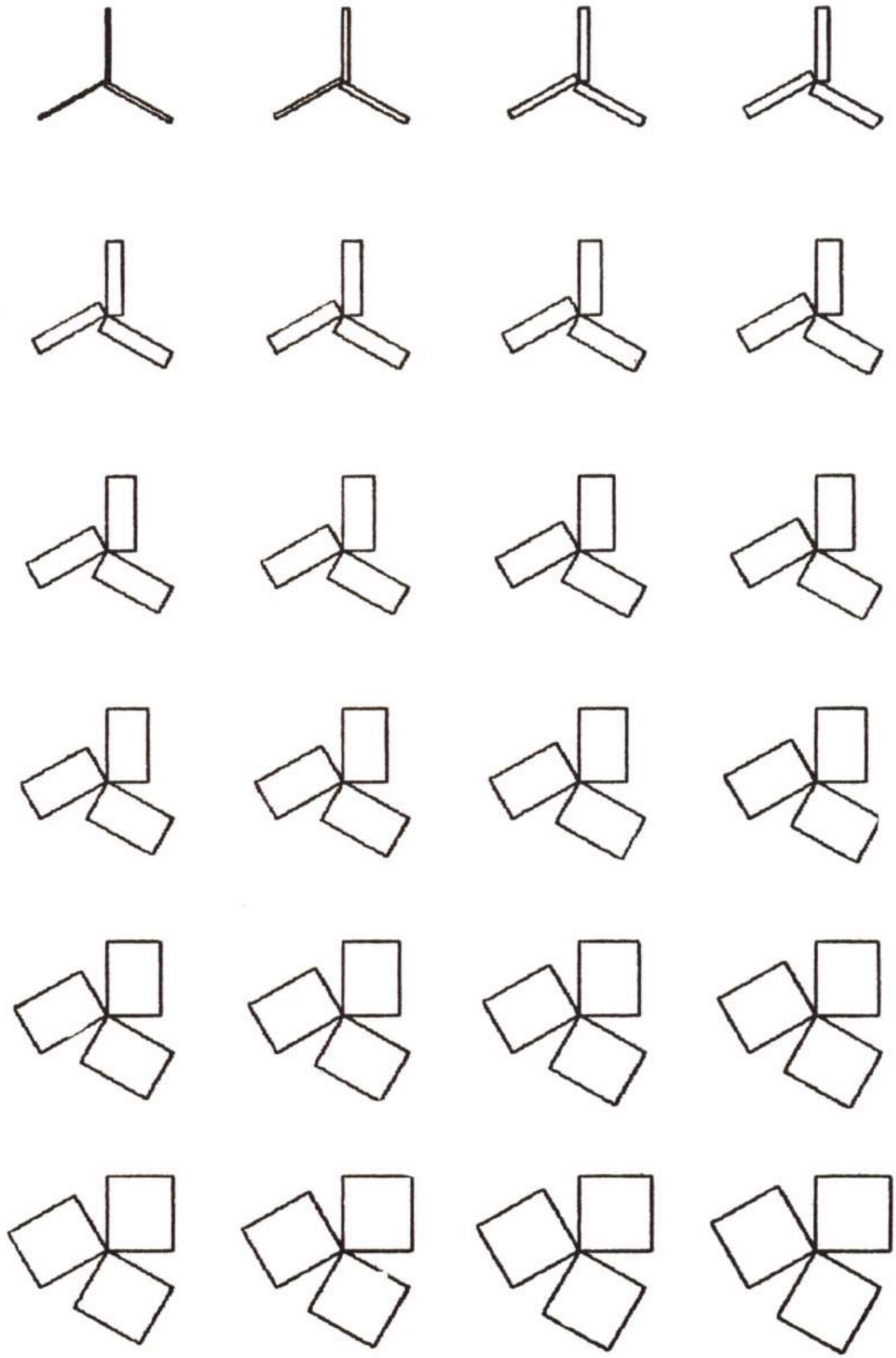
Sl. 13. Crtež
Fig. 13. Design

copyright p. milojević 1968.



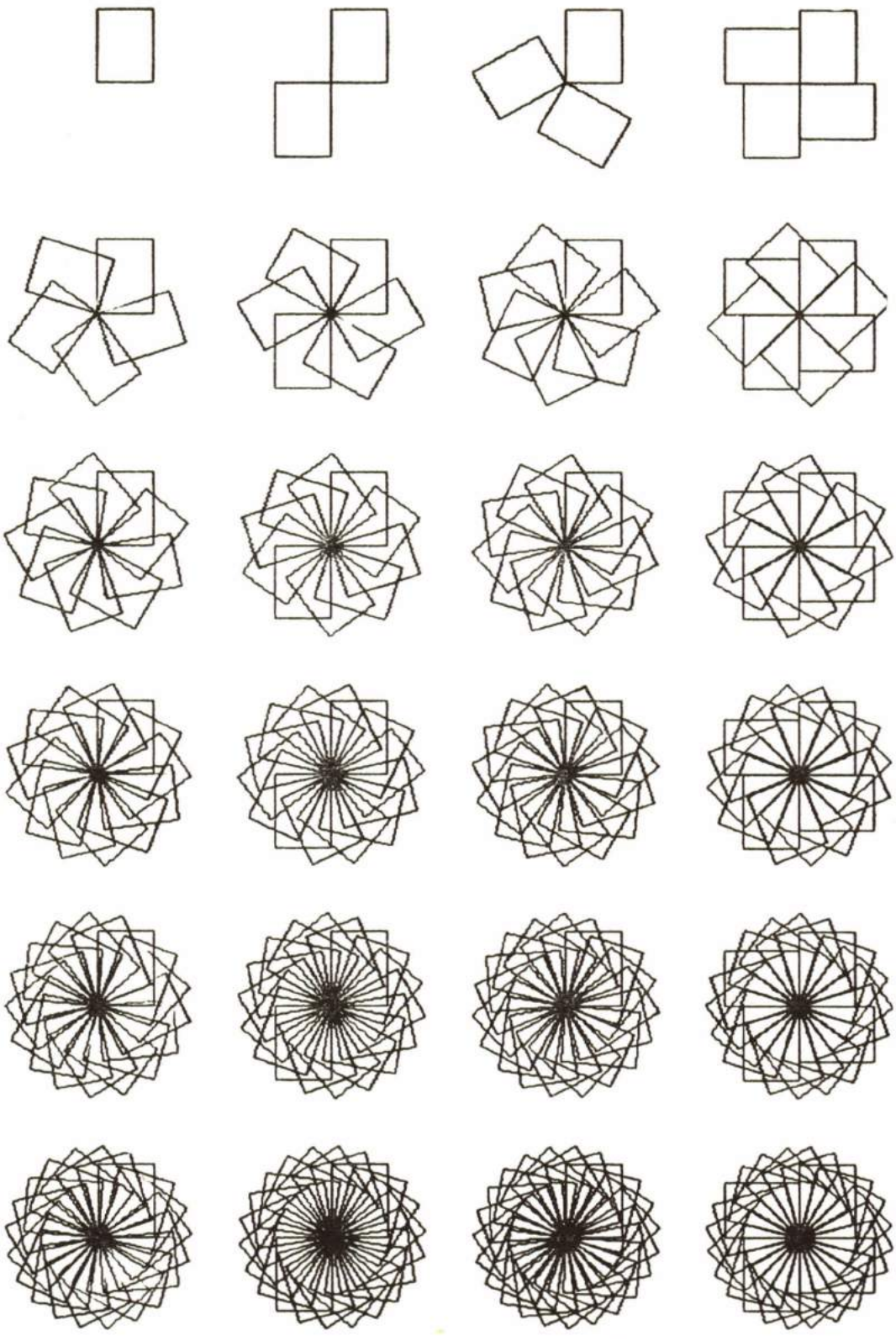
Sl. 15. Crtež
Fig. 15. Design

copyright p. milojević 1968.



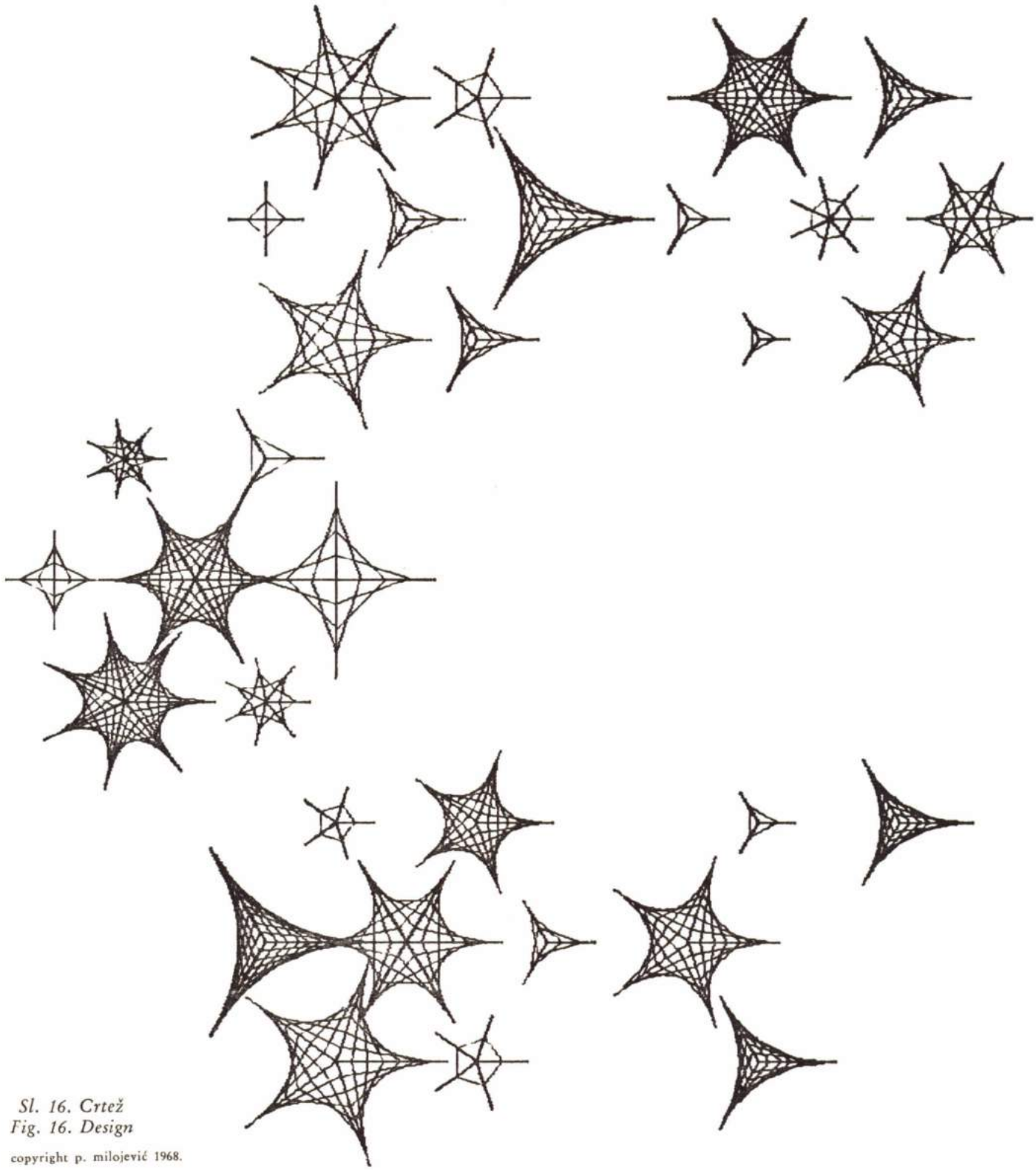
Sl. 15. A. Crtež
Fig. 15. A. Design

copyright p. milojević 1968.



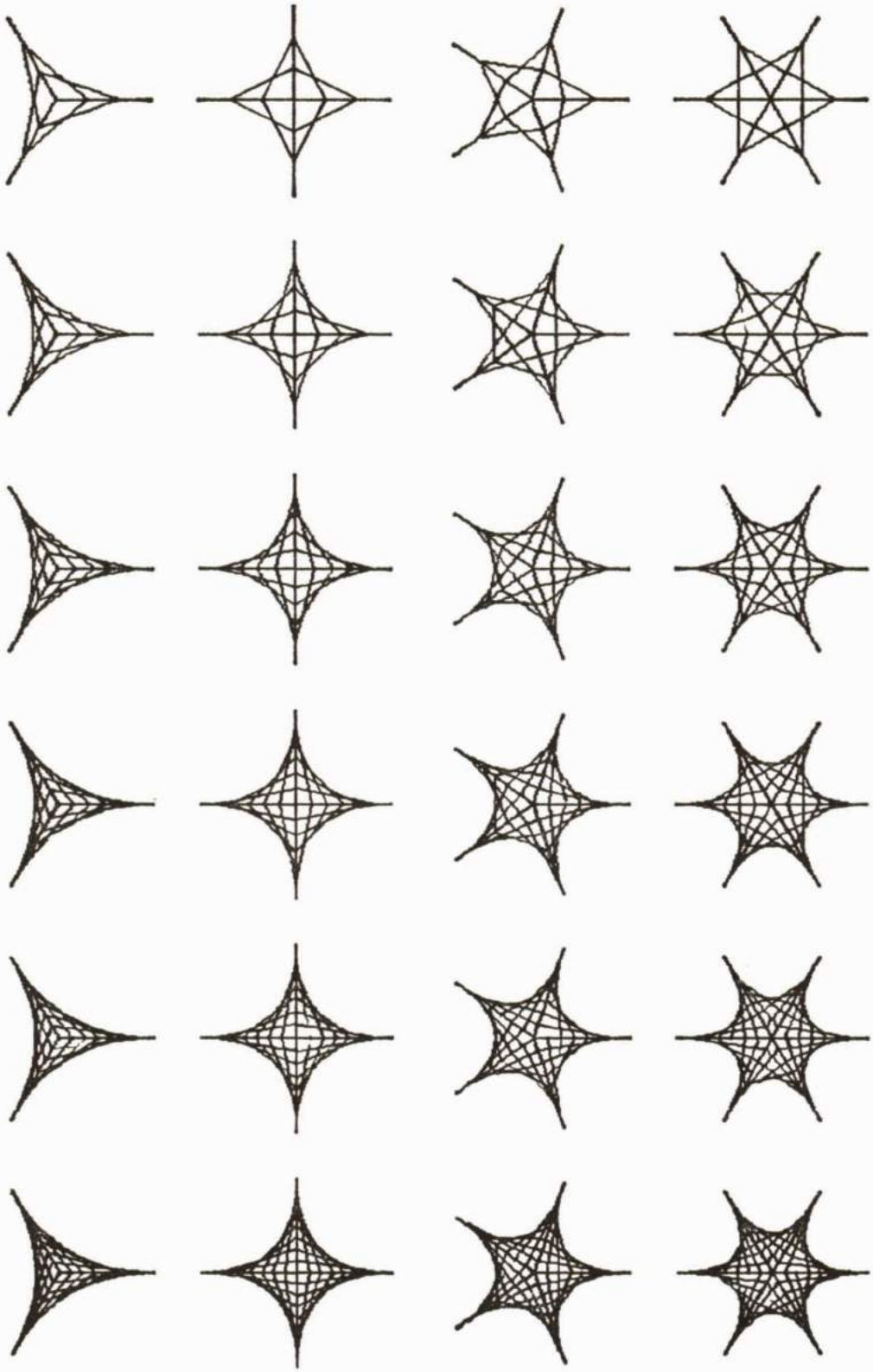
Sl. 15. 1. Crtež
Fig. 15. 1. Design

copyright p. milojević 1968.



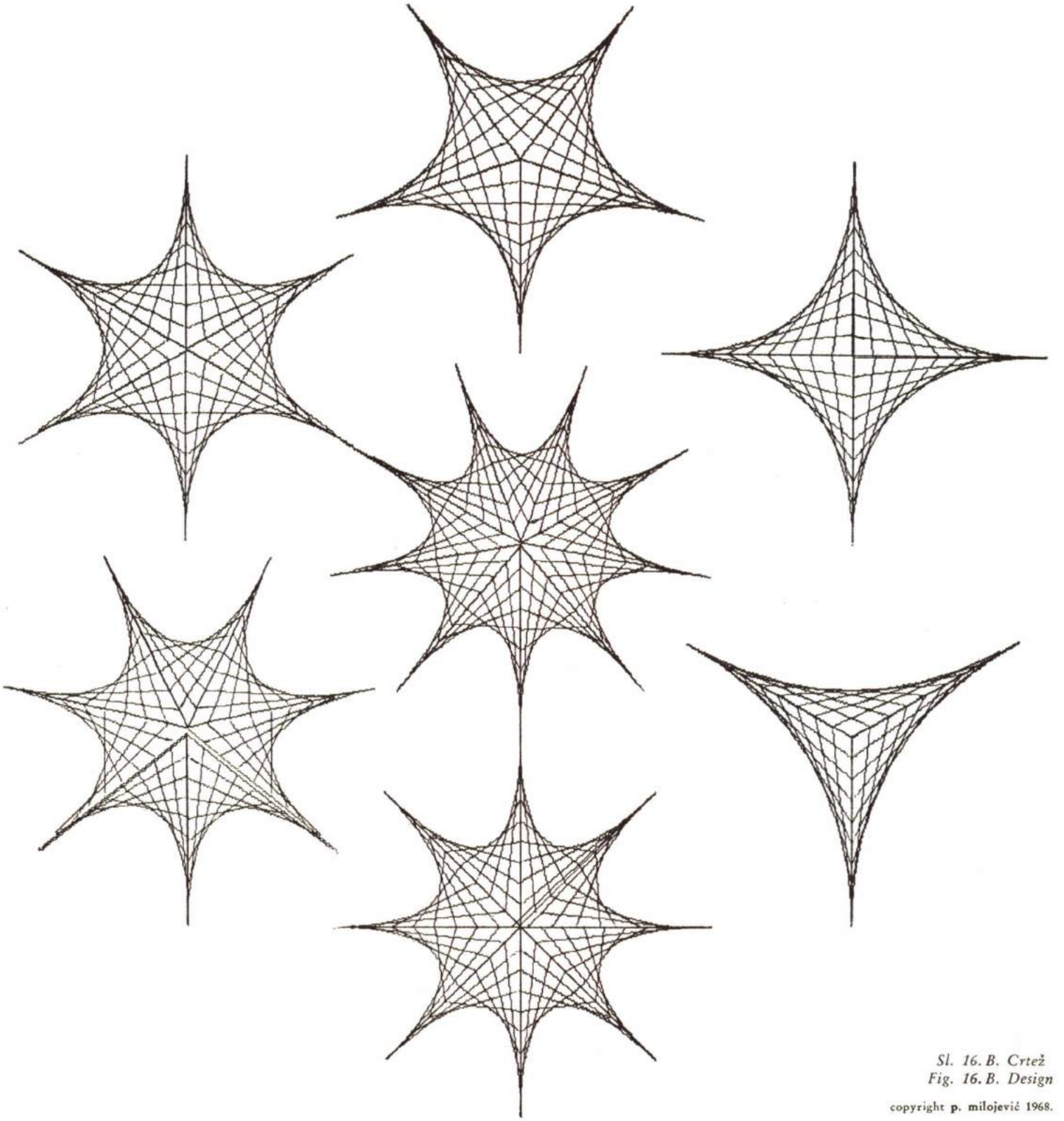
Sl. 16. Crtež
Fig. 16. Design

copyright p. milojević 1968.



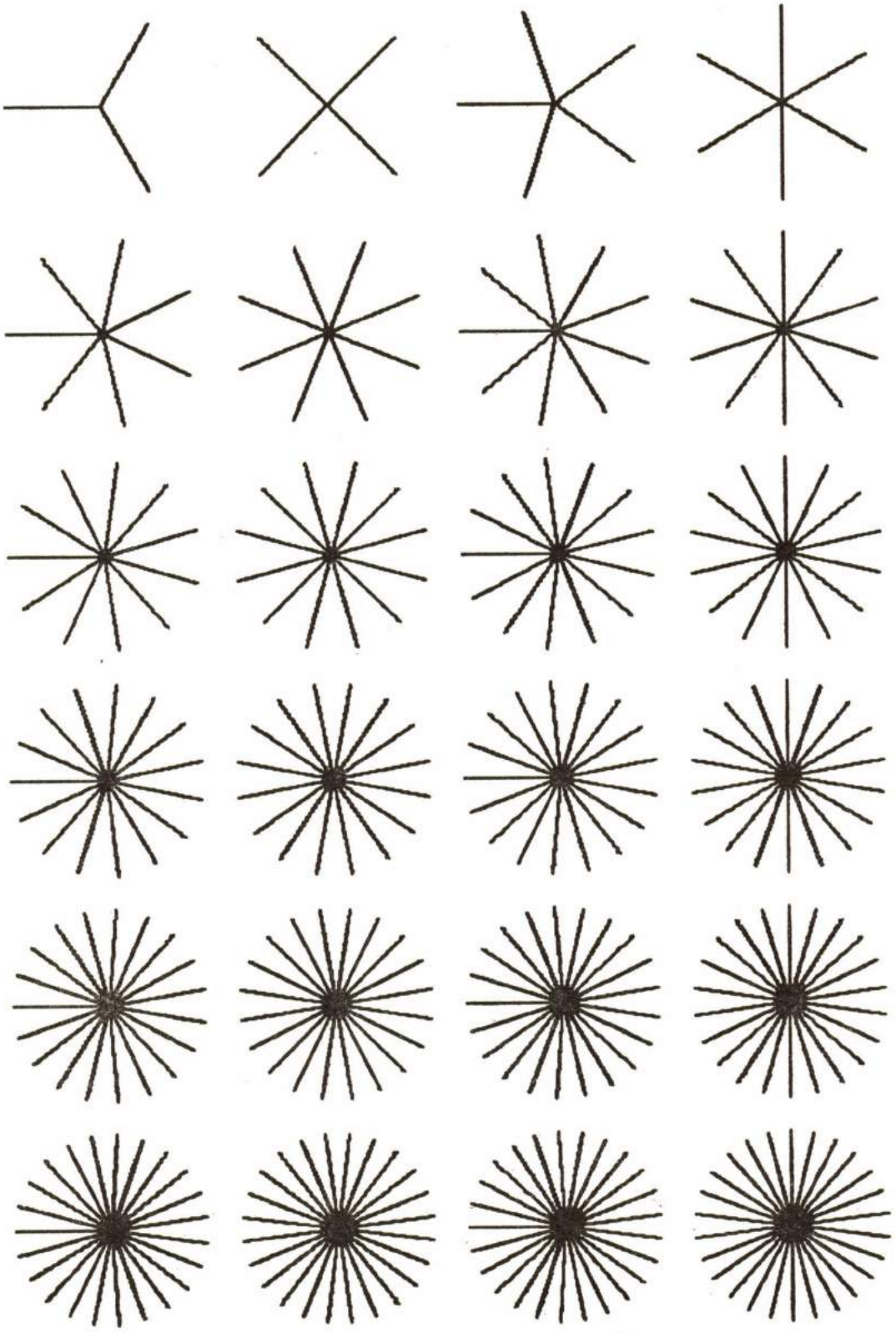
Sl. 16. A. Crtež
Fig. 16. A. Design

copyright p. milojević 1968.



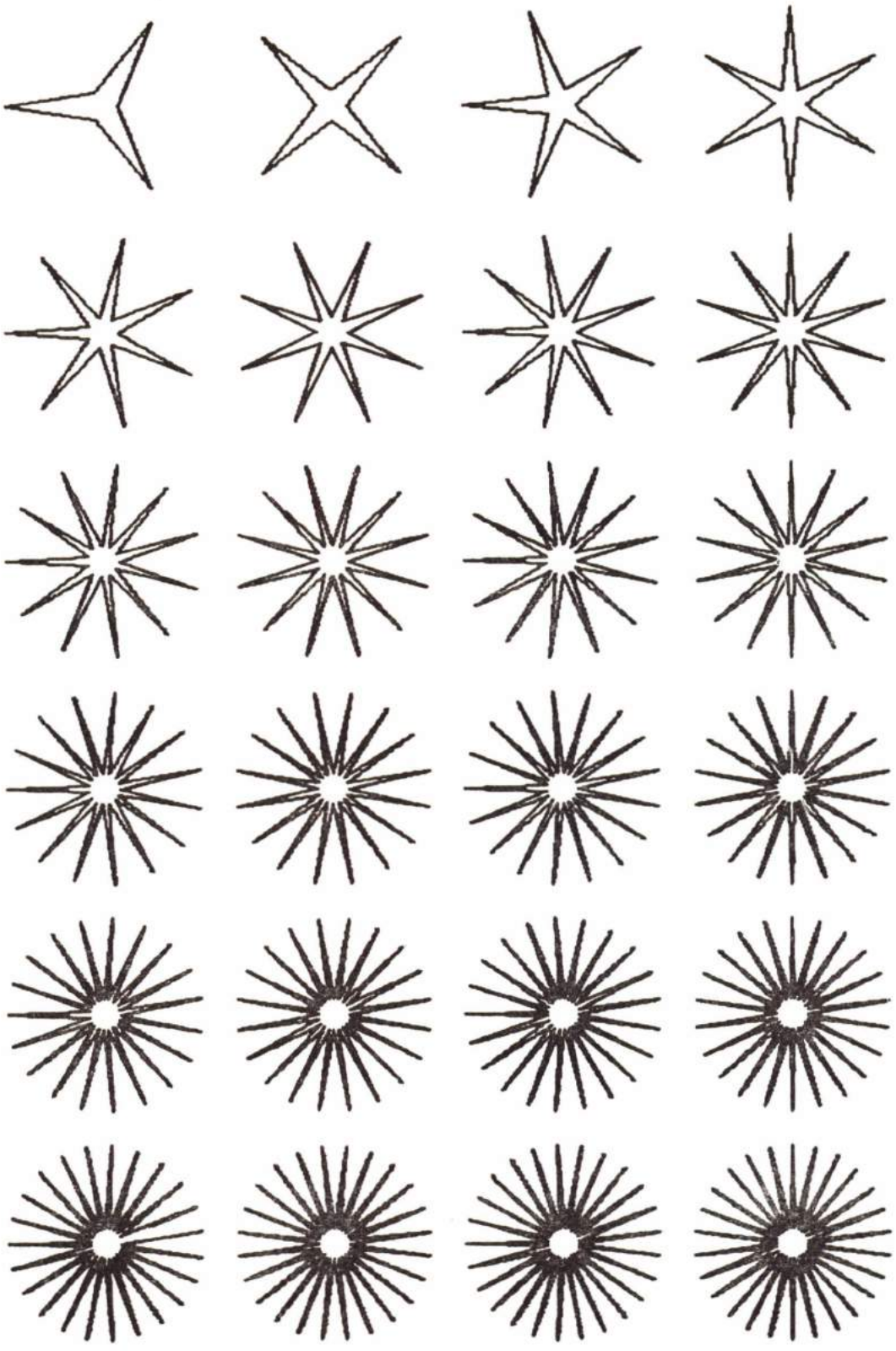
Sl. 16. B. Crtež
Fig. 16. B. Design

copyright p. milojević 1968.



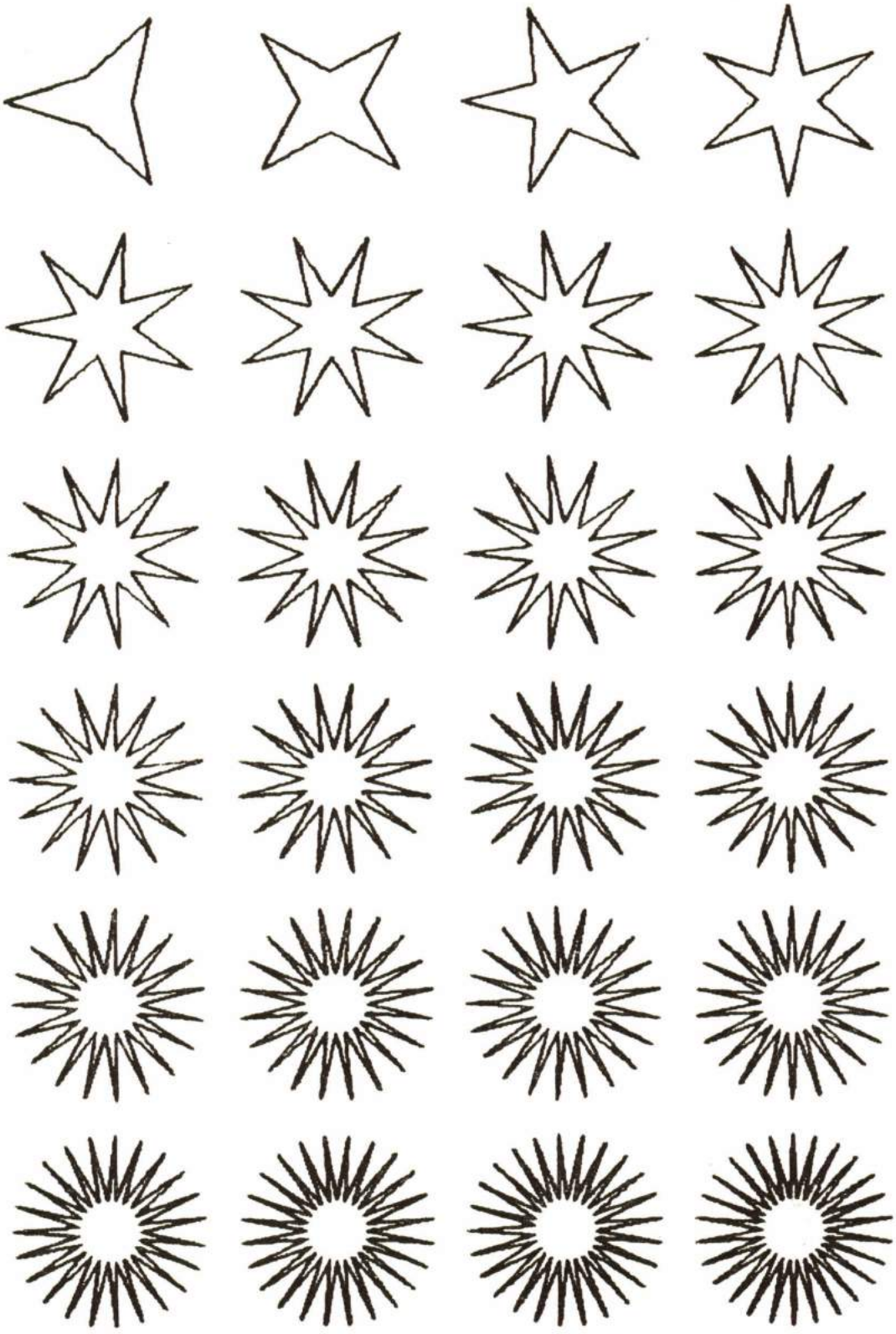
Sl. 17. Crtež
Fig. 17. Design

copyright p. milojević 1968.



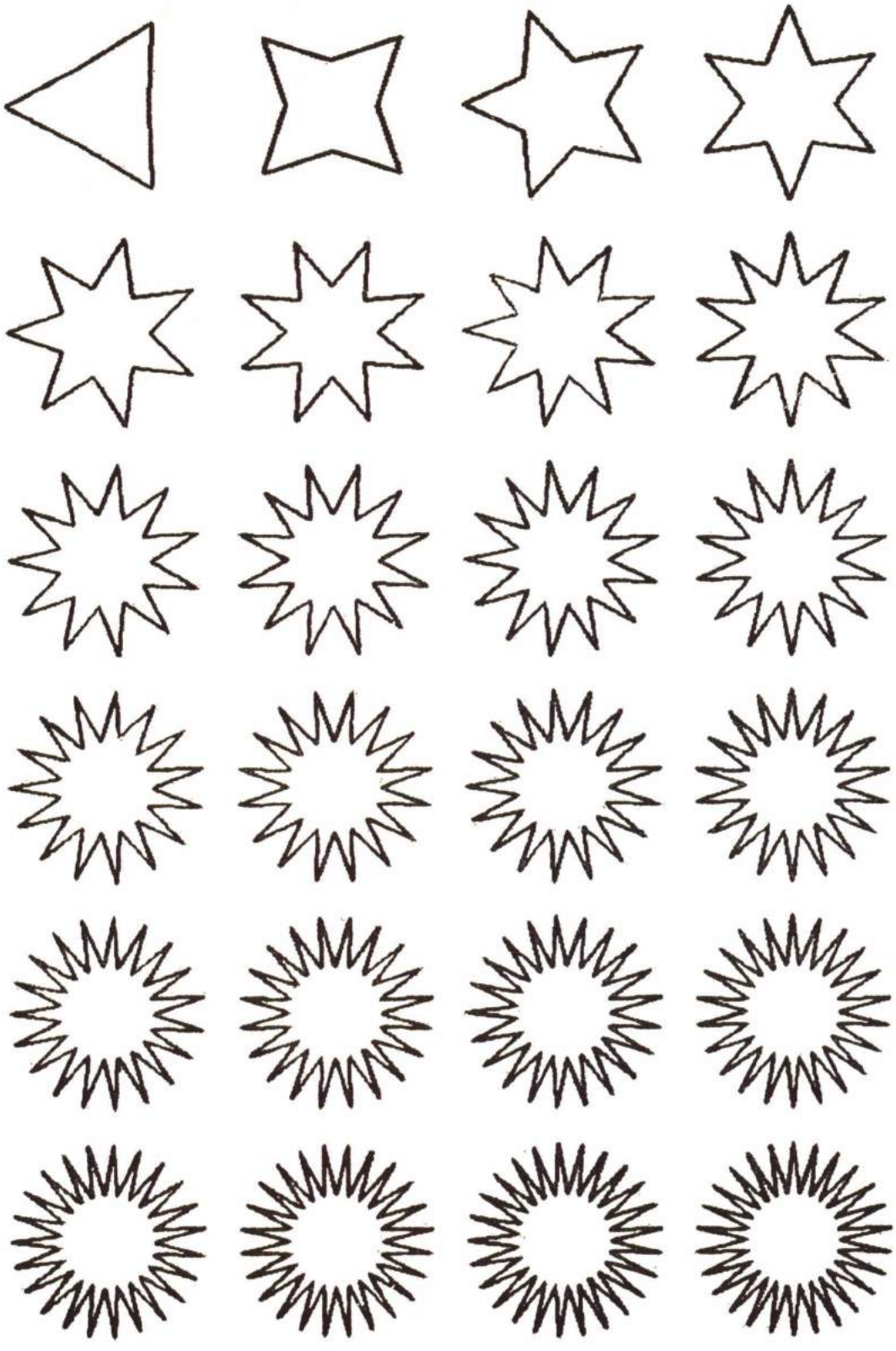
Sl. 17. A. Crtež
Fig. 17. A. Design

copyright p. milojević 1968.



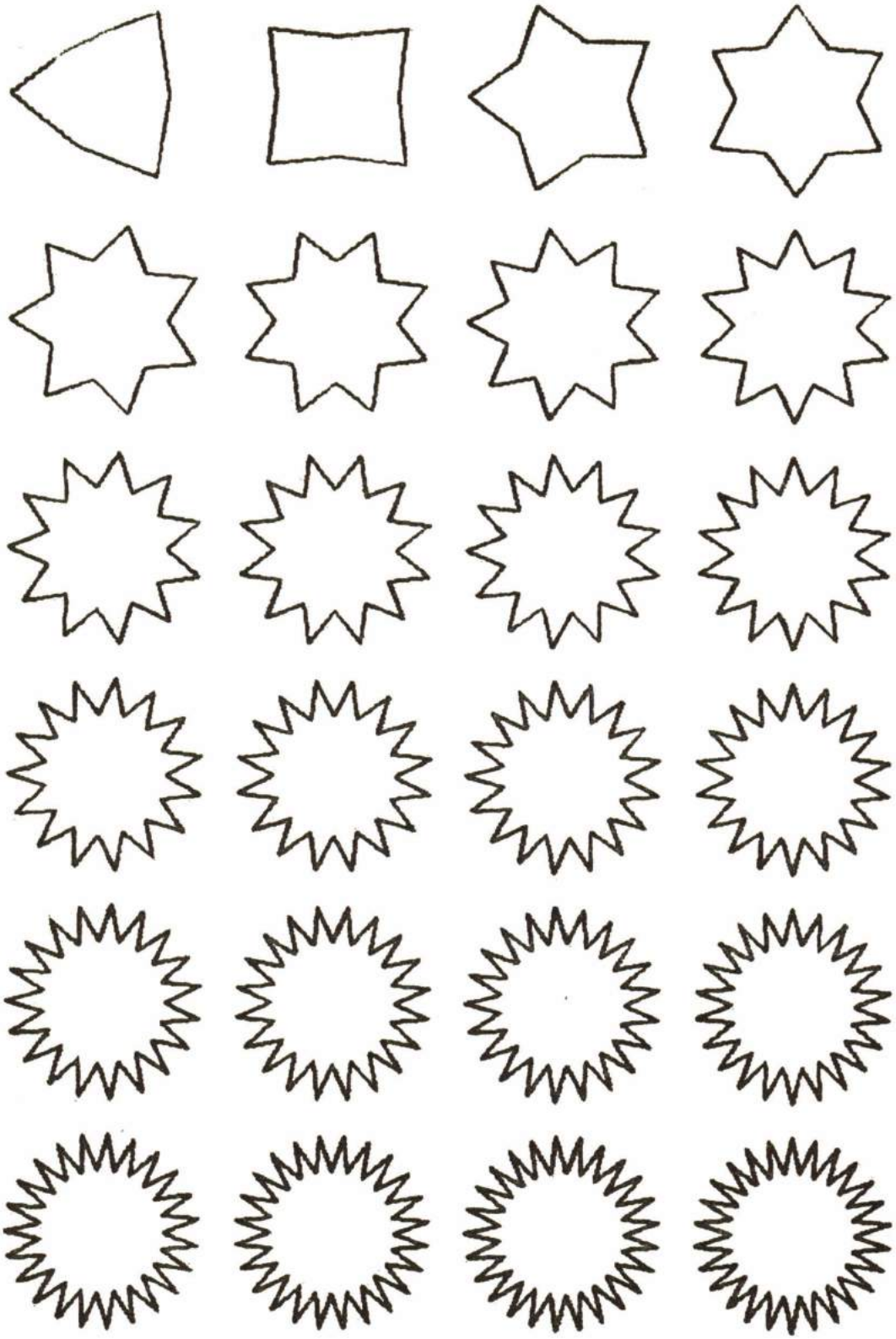
Sl. 17. B. Crtež
Fig. 17. B. Design

copyright p. milojević 1968.



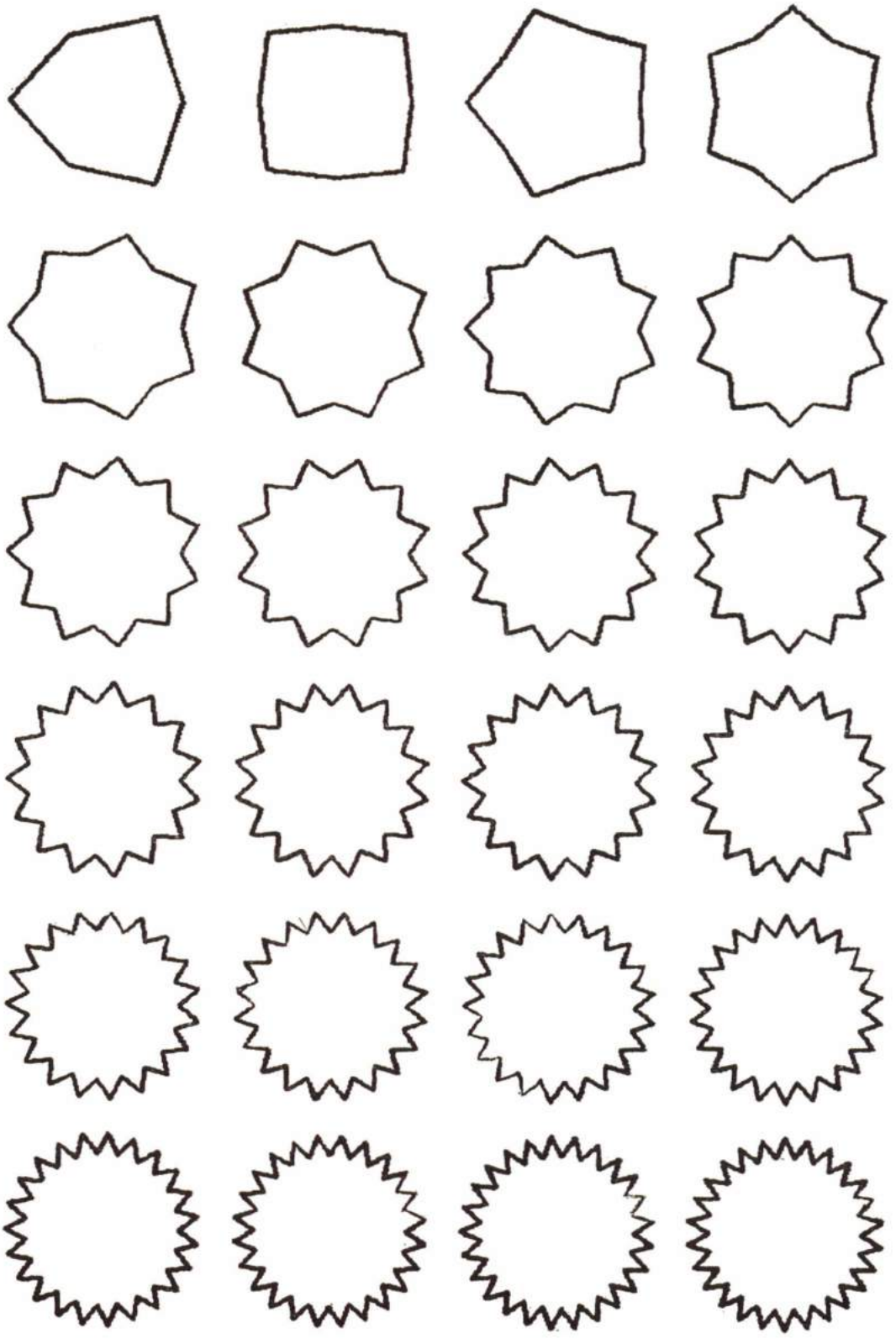
Sl. 17. C. Crtež
Fig. 17. C. Design

copyright p. milojević 1968.



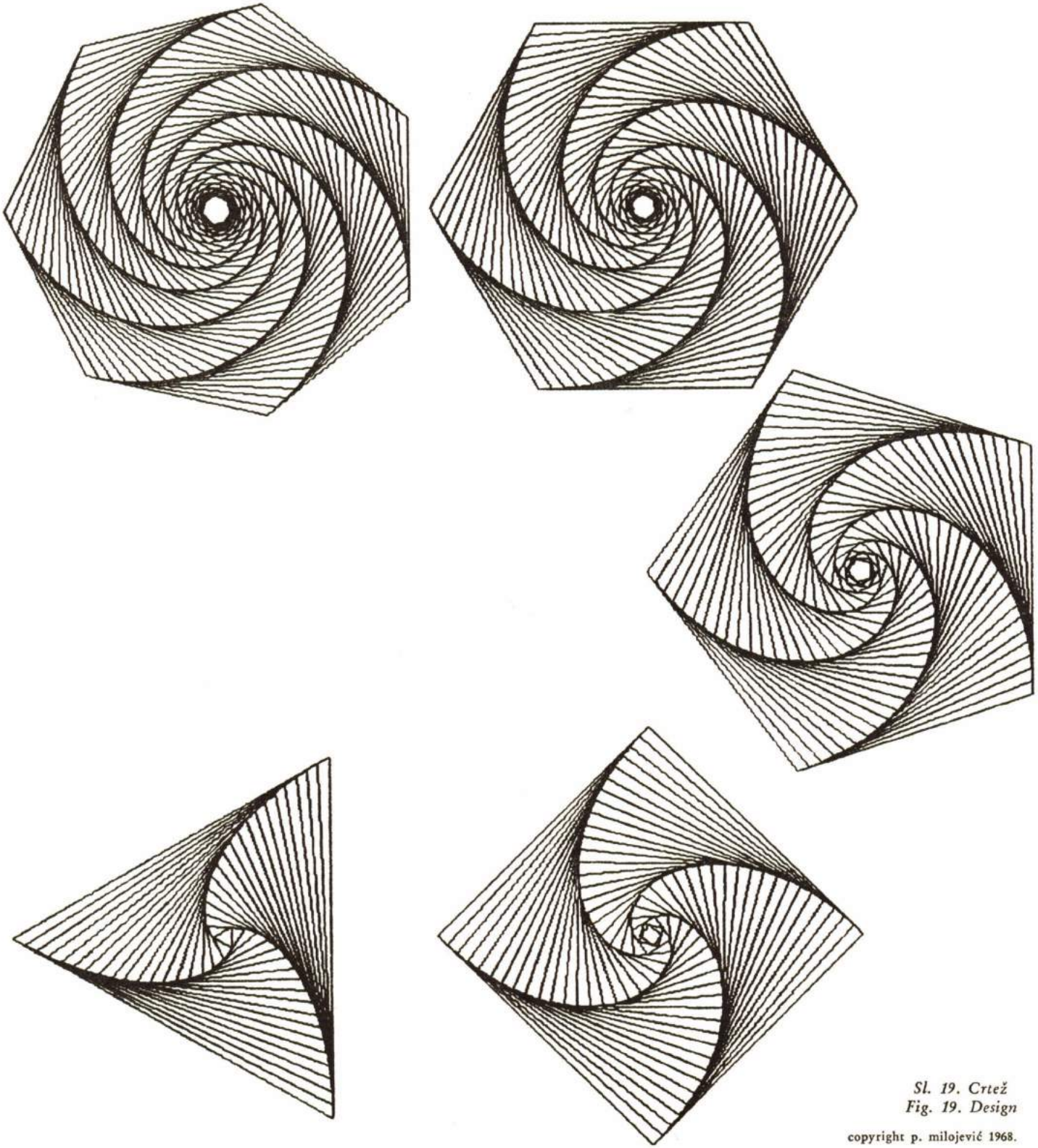
Sl. 17. D. Crtež
Fig. 17. D. Design

copyright p. milojević 1968.



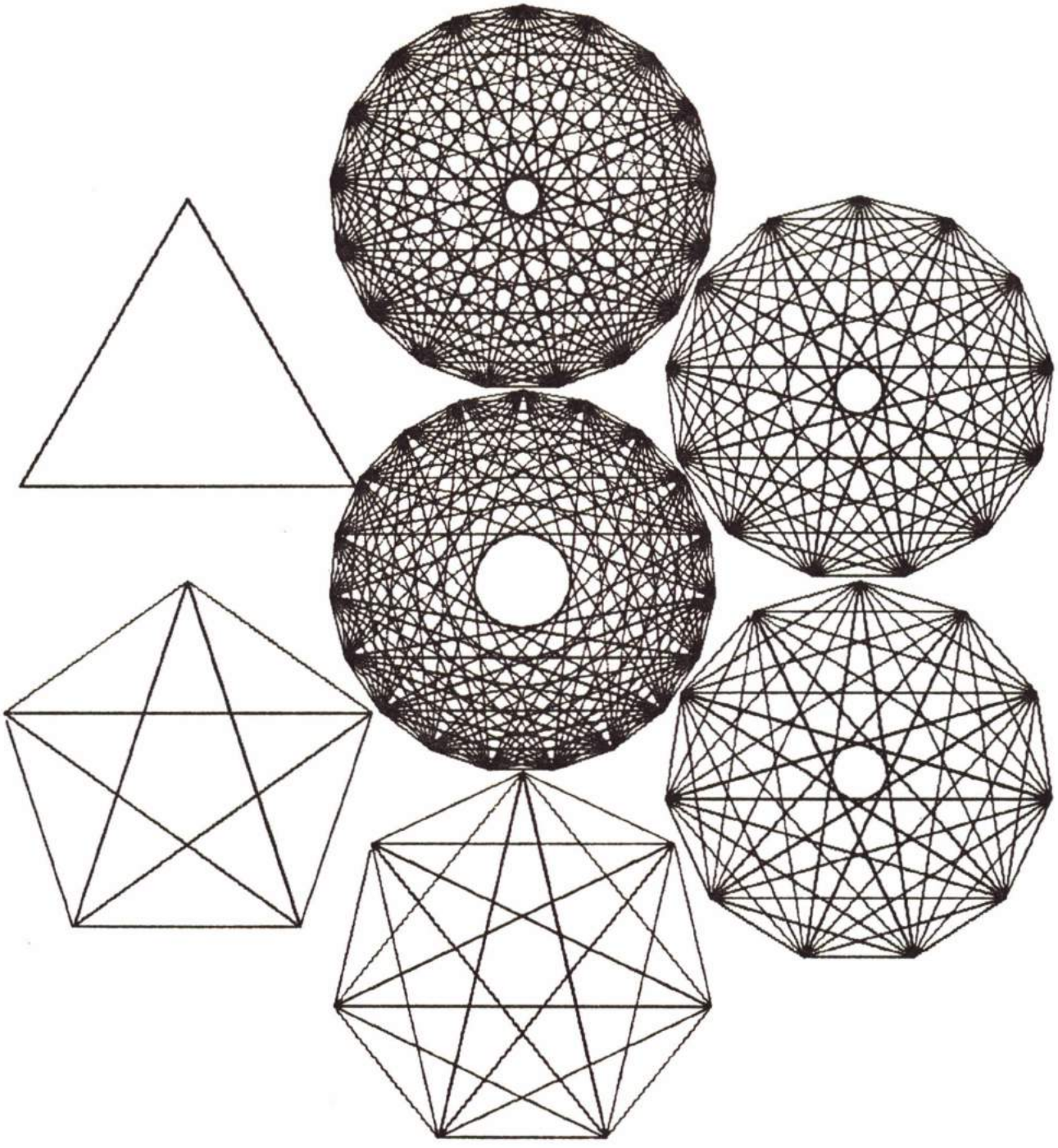
Sl. 17. E. Crtež
Fig. 17. E. Design

copyright p. milojević 1968.



Sl. 19. Crtež
Fig. 19. Design

copyright p. milojević 1968.



Sl. 20. Crtež
Fig. 20. Design

copyright p. milojević 1968.

marijan vejvoda

istraživanje
mišljenja

marijan vejvoda
college of art and design, manchester

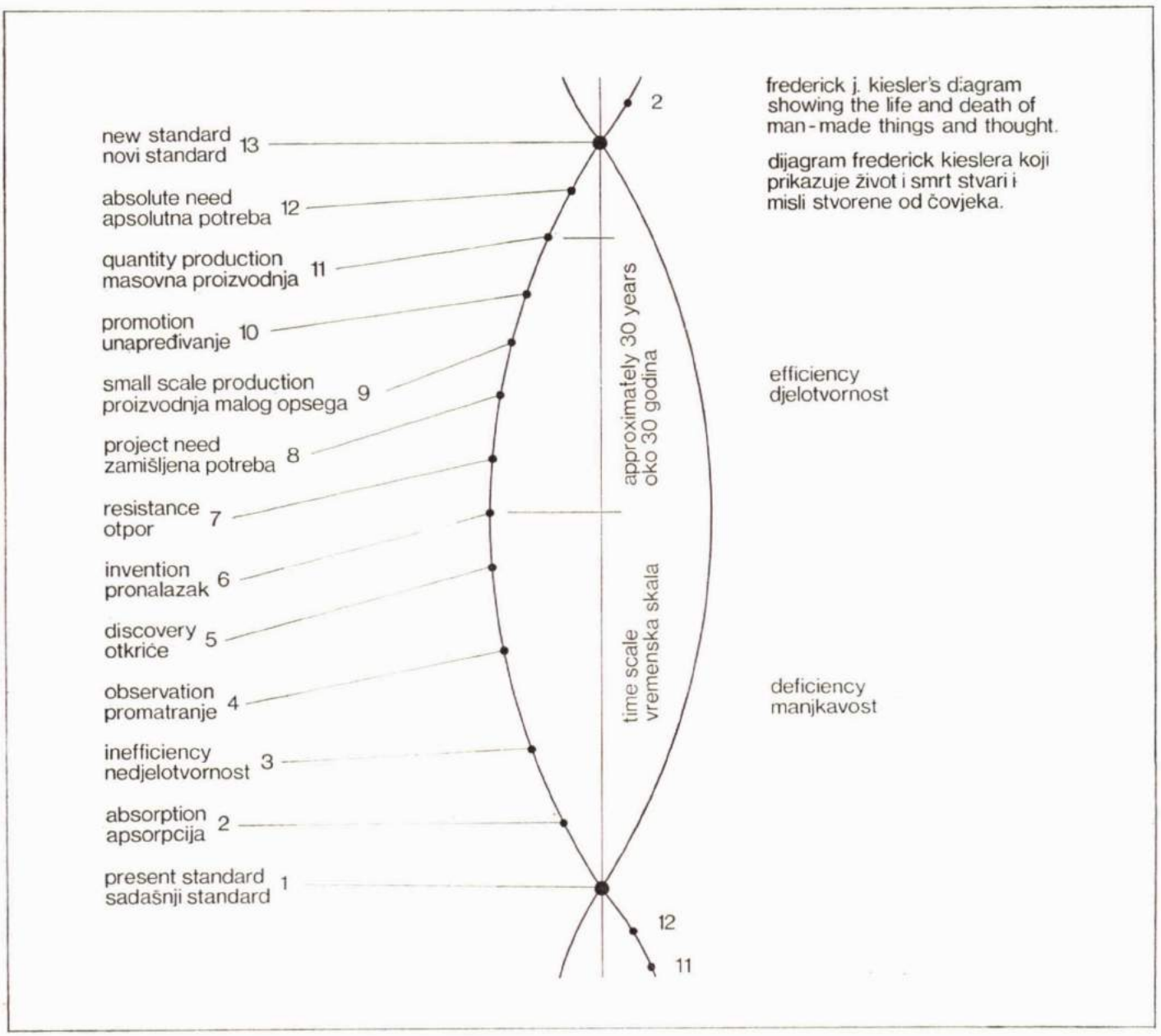
research into
thought

Sve brojnija sredstva masovnih komunikacija hrane nas sve više nasumce izabranim informacijama i izlažu nas slijedu i grupama događaja koji mogu formirati zapanjujući »non sequitur«.

Increased mass communication which today endows us with more and more random information, exposes us to patterns of events which can form a stupendous *non sequitur.*

Želimo li izbjeći daljnje povećanje entropije uzrokovane zloupotrebom novih pronalazaka i otkrića, moramo se usredotočiti na istraživanje izvora i tvorca tih otkrića — našu misao.

If we wish to avoid a further increase of entropy caused by a misure of new discoveries and investigations, we must concentrate on research into, the very originator, our thought.



frederick j. kiesler's diagram showing the life and death of man-made things and thought.

dijagram frederick kieslera koji prikazuje život i smrt stvari i misli stvorene od čovjeka.

Jedan od razloga za sve zamršeniji kaos kvantiteta leži u činjenici da naša misao, kao i sve što je čovjek stvorio, podliježe zakonu zastarjevanja.

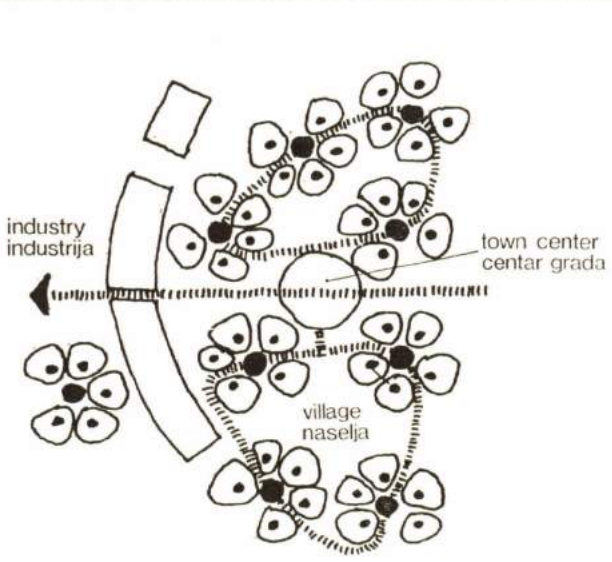
Naša suvremena, umjetna okolina vrlo je izrazit primjer raskoraka između nepromijenjenih načela misli i radikalno promjenljivih potreba suvremenog društva.

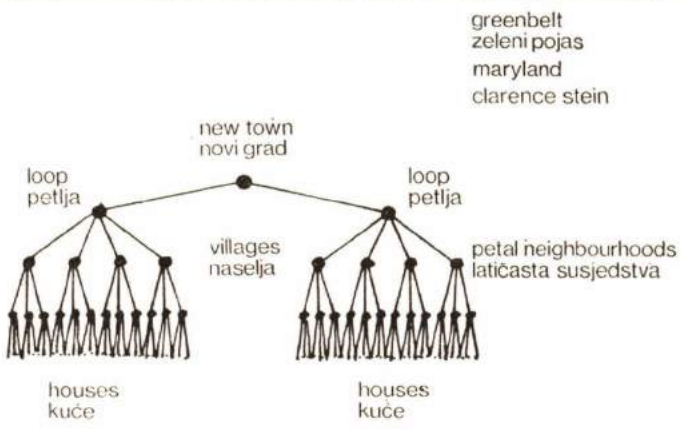
U svom eseju »A city is not a tree« (»Grad nije stablo«) Christopher Alexander zastupa mišljenje da je naša današnja koncepcija grada, koja odgovara obliku nalik na stablo u

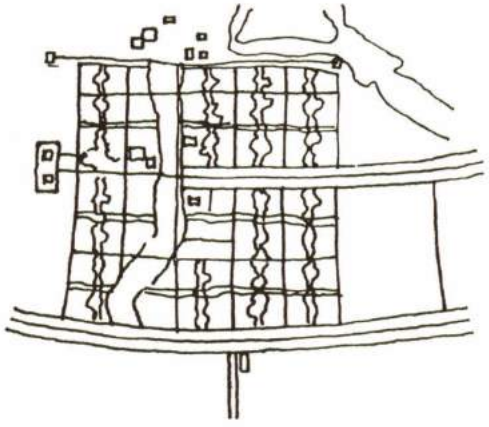
One of the reasons for the ever increasing chaos of quantities lies in the fact that our thought, as well as manmade things, is subject to obsolescence.

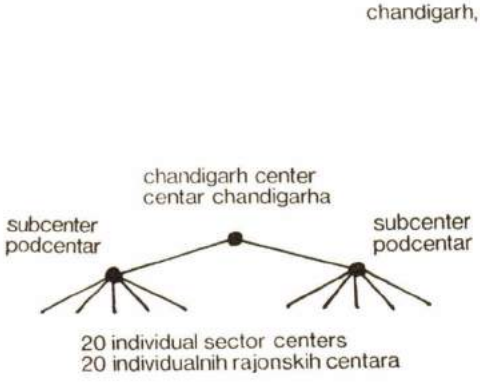
Our modern artificial environment is very distinct example of a discord between unchanged principles of thought and radically changing needs of modern society.

In an essay, "A city is not a tree", Christopher Alexander argues that our present conception of a city, which corresponds to tree-like shape in Graph Theory, is too simple

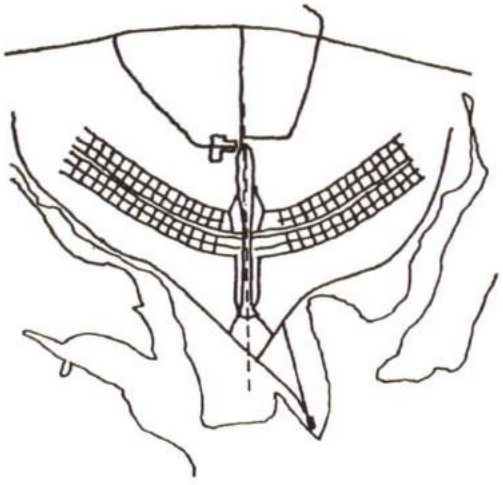








brazilia, lucio costa





teoriji grafikona, odviše jednostavna da bi mogla izraziti složen način na koji se mora razbiti najveći dio stvarnih projektantskih problema, te kaže da je grad zapravo »polurešetka«.

Pogledamo li pobliže bilo koji nov grad, vidjet ćemo da je odnos između različitih regija prikazan dijagramatski, u obliku stabla.

Taj aranžman, raspored fizičkih regija sugerira hijerarhiju snažnih, zatvorenih društvenih grupacija, koja seže od grada kao cjeline sve do individualne porodice.

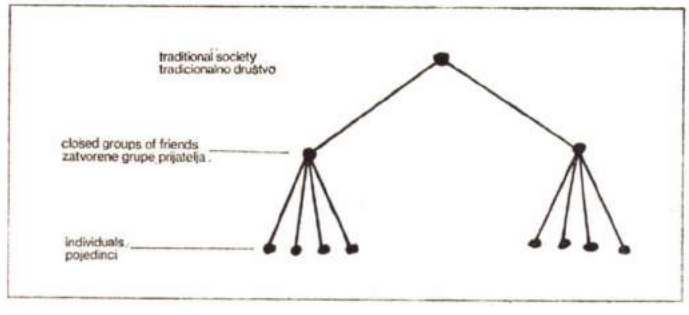
Odvojene i zatvorene grupacije ljudi karakteristične su za tradicionalno društvo i mogu se dijagramatski prikazati ovako:

to express the complex way in which most real design problems have to be broken down and suggests that the city really is a "semi-lattice".

If we take any of the new cities we will find that the relationship between different realms, shown diagramatically, is in a tree-like shape.

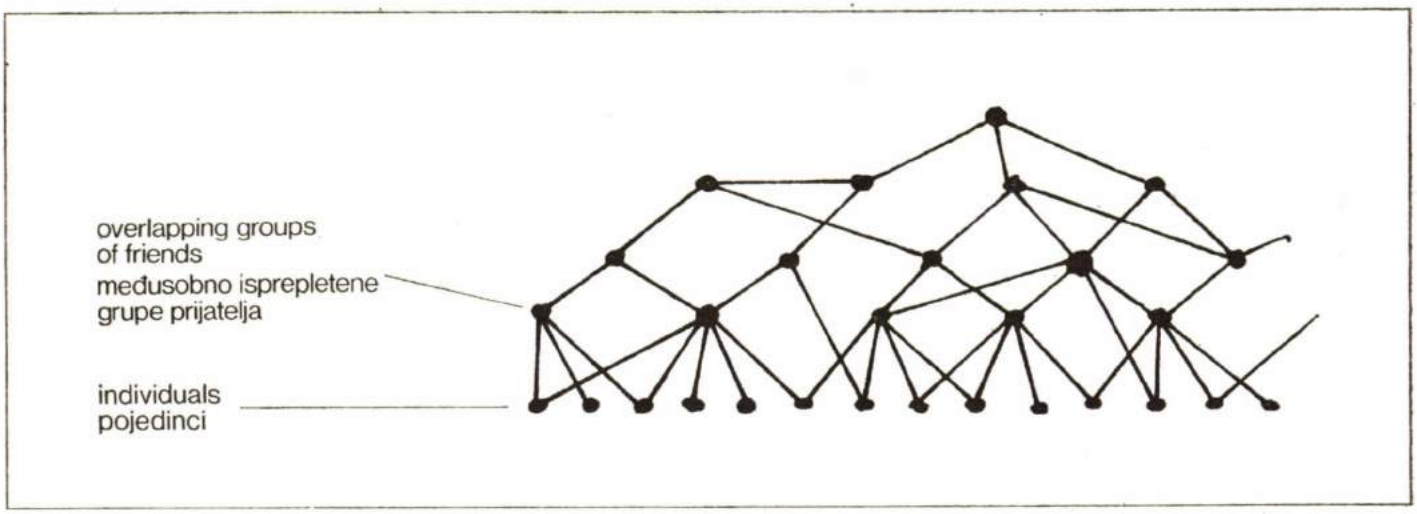
This arrangement of physical realms suggests a hierarchy of strong, closed social groupe, ranging from the whole city down to the family.

Separate closed groups of people are characteristics of the traditional society, and can be shown diagramatically like this:



Društvena struktura suvremenoga društva zasnovana je na složenom i mnogostrukom odnosu između velikog broja ljudi. Otvoreno društvo mogli bismo prikazati ovako:

The social structure of modern society is based on a complex manifold relationship between large numbers of people. Open society could be shown like this:



Čini se da načela koja su dovela do strukture naših umjetnih gradova nisu u skladu s načelima naše društvene strukture.

Alexander nam tada postavlja pitanje — zašto su toliki brojni projektanti zamislili i zasnovali gradove kao stablo kada je prirodna struktura u svakom slučaju polurešetka?

> »... učinili su to zato što se nalaze u stupici jedne mentalne navike, možda čak i u stupici samoga načina na koji um djeluje; zato što je um neodoljivo predisponiran da vidi stabla ma kamo pogledao i što ne može izbjeći koncepciji stabla.«

Zatim nam navodi primjer kako bi dokazao da je to zato što je naš mozak neodoljivo predisponiran da vidi stabla ...

Autor nas poziva da zapamtimo ova četiri predmeta: naranču, lubenicu, nogometnu loptu i tenisku loptu.

Pitanje koje nam tada postavlja glasi: Kako ćemo ta četiri predmeta zadržati u svome umu? Na ma koji način mi to učinili, bit će to grupiranjem.

Neki će zajedno grupirati voće u jednu i lopte u drugu grupu. Neki će grupiranje izvršiti prema fizičkim oblicima i svrstati zajedno naranču i tenisku loptu, lubenicu i nogometnu loptu — a neki će biti svjesni obiju tih grupacija.
Autor u nastavku svoga eseja objašnjava da je svaka od tih pojedinačnih grupa, uzeta kao takva, struktura stabla. U jednom jedincatom mentalnom aktu mi možemo vizuelno zamisliti samo stablo (2 i 3), a nismo kadri zamisliti sve četiri grupe odjednom, tj. polurešetku (4).

It appears that principles which lead to the structure of our artificial cities are not congruous with the principles of our social structure.

At that point Alexander asks a question — why is it that so many designers have conceived cities as a tree when the natural structure is in every case a semi-lattice?

"... have they done it because they are trapped by a mental habit, perhaps even trapped by the way the mind works; because the mind has an overwhelming predisposition to see trees wherever it looks and cannot escape the tree conception?"

He then gives an example to prove that it is because our brain has an overwhelming predisposition to see trees ....

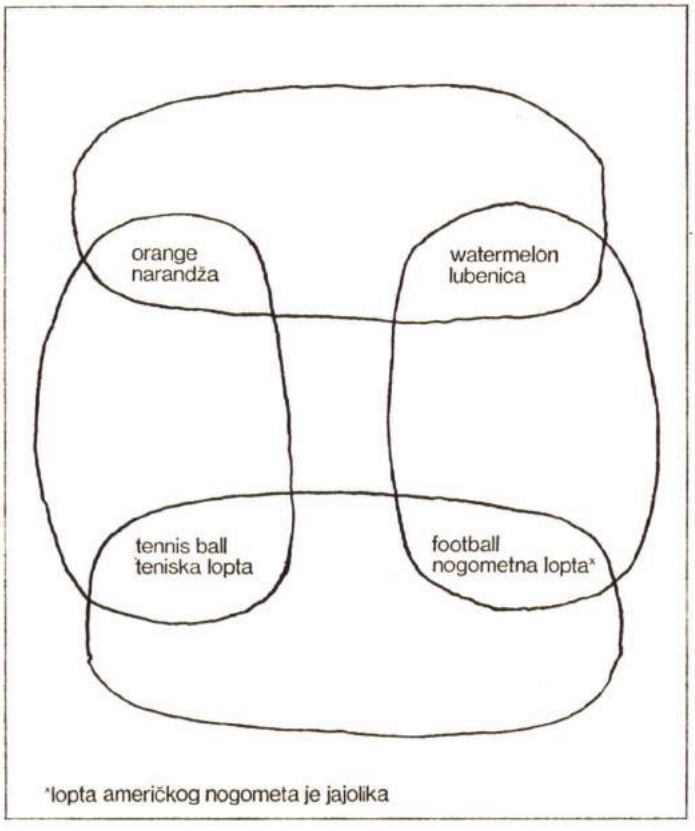
He asks us to bear in mind the following four objects; an orange, a watermelon, a football and a tennis ball.

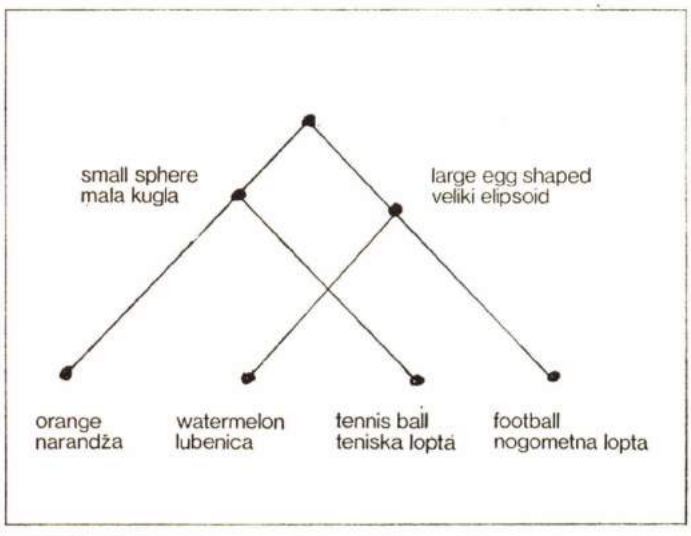
The question he then asks is — how shall we keep these four objects in our mind? — However we keep them it will be by grouping them.

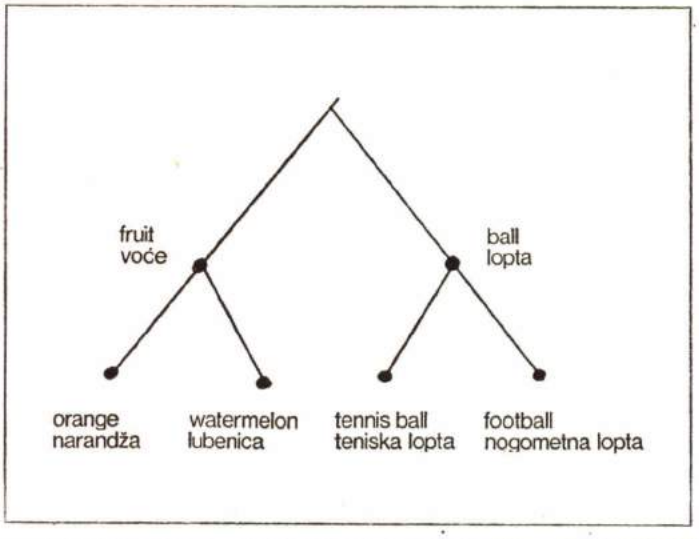
Some will group two fruits together and two balls. Some will do it according to physical shape and group orange and tennis ball, watermelon and football — some will be aware of both groupings.
He then explains that either grouping taken by itself is a tree structure. In a single mental act we can only visualise a tree (2 et 3), we cannot conceive all four sets at once, i. e. the semi-lattice. (4)

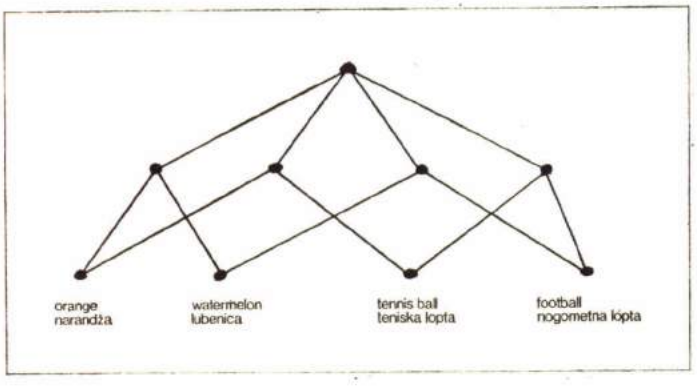
»Mi jesmo kadri kombinirati ta dva para grupa izvanredno brzo, ali nećemo biti kadri predočiti ih sebi vizuelno sve zajedno.«

"We can alternate between the two pairs of sets extremely fast but we will not be able to visualise them all together."









»Stablo je umu lako dostupno i njime se lako manipulira. Polurešetka nije.«

»... danas znamo da su grupiranje i kategorizacija među najprimitivnijim psihološkim procesima. Suvremena psihologija smatra misao procesom ulaganja novih situacija u postojeće proreze i pretince uma. Kao što ne možemo staviti jedan fizički predmet odjednom u više nego jedan fizički pretinac, tako nam, analogno tome, proces mišljenja onemogućuje da odjednom stavimo jednu mentalnu konstrukciju u više nego jednu mentalnu kategoriju. Proučavanje porijekla tih procesa nameće pomisao da oni izviru suštinski iz potrebe organizma da pojednostavni složenost svoje okoline postavljanjem prepreka između različitih događaja s kojima se susreće.«

Premda dosad riječ »umjetnost« nije bila spomenuta, očito je da cjelokupni problem podrazumijeva umjetnost kao takvu u našoj okolini. Mogli bismo reći da je razlog sadašnjeg stanja naše okoline u tome što je umjetnost izgubila svoju vodeću ulogu u našoj kulturi, jer je zakazala i u analizi i u sintezi. Umjetnost nije uspjela razraditi neku pouzdanu metodu komponiranja i pokazala se nedoraslom u rješavanju problema kreativnog iskustva. Važno je shvatiti da umjetnička kreacija treba da izvire izravno iz načela. No, čini se, metoda koja bi se pokazala potpuno adekvatna nije još pronađena. Metodologija nije plod razvoja umjetnosti već nauke, što znači da je nauka ona koja će spasiti umjetnost.

Analogija između geometrijskih varijacija uzajamnih položaja iste grupe elektrona koji stvaraju potpuno drukčije tvari i elektro-kemije funkcioniranja mozga bitna je za evoluciju umjetnosti.

Da citiramo Josepha Schillingera: »... možemo s pravom sumnjati da su sve naše koncepcije i stvaranje obrazaca mišljenja samo geometrijske projekcije elektro-kemijskih procesa koji se odvijaju u mozgu. Ta geometrijska projekcija sâma je misao.«

Ako je to tačno i ako želimo preživjeti kritičnu tačku prijelaza iz civilizacije u post-civilizaciju, tada je najbolji način na koji bismo se mogli i morali koristiti kompjuterima u proučavanju elektro-kemije funkcioniranja mozga.

"The tree is accessible mentally and easy to deal with. The semi-lattice is not."

"... it is known today that grouping and categorisation are among the most primitive psychological processes. Modern psychology treats thought as a process of fitting new situations into existing slots and pigeon holes in the mind. Just as one cannot put a physical thing into more then one physical pigeon hole at once, so, by analogy, the processes of thought prevents one from putting a mental construct into more than one mental category at once. Study of the origin of these processes suggests that they stem essentially from the organism's need to reduce the complexity of its environment by establishing barriers between the different events which it encounters."

Although so far the word "art" has not been used it is obvious that the whole problem implies art as such in our environment. We could say that the reason for the present state of our environment is that the art has lost its leading role in our culture, having failed in analysis as well as synthesis. Art has been unsuccessful in evolving a reliable method of composition and inadequate in solving the problem of creative experience. It is important to realize that artistic creation should be directly from principles. But it seems that a wholly adequate method has not been found. The methodology is not an artistic development, it is a scientific one, meaning that it is science that will rescue art.

The analogy between, geometrical variations of mutual positions of the same group of electrons, which produce entirely different substances and the electro-chemistry of brain-functioning, is essential for the evolution of art.

To quote Joseph Schillinger ... "... we may well suspect that all our pattern conception and pattern-making are merely the geometrical projections of electro-chemical processes, in the making, that occur in our brain. This geometrical projection is though itself."

If that is so then the best use we could and should make of computers, if we wish to survive the critical point of transition from civilization to the post-civilization, is research into electro-chemistry of brain-functioning.

Preveo: Božidar Springer

bibliografija

Ova bibliografija obuhvaća publikacije s područja primjene kompjutera, kibernetike i srodnih disciplina, a nastavak je opširne bibliografije koja je objavljena u časopisu »Naše teme«, god. III, br. 6. Zagreb, 1959. (»Strojno prevođenje i statistika u jeziku«). Ovaj izbor sabran je na temelju dostupnog materijala, ne pretendira na to da bude cjelovit, a složen je po autorima abecednim redom, jer sastavljačima sva odnosna djela nisu stajala na raspolaganju. — Publikacije M. Bensea i A. A. Molesa izuzete su iz ovog popisa, jer su objavljene u bibliografiji u broju 1. časopisa »bit«. — U slijedećim brojevima »bita« redakcija će nastaviti objavljivanje ove bibliografije na isti način. Redakcija će biti zahvalna svima koji joj pomognu pri postupnom upotpunjenju ovoga rada.

bibliography

This bibliography includes the publications dealing with computers, cybernetics and adjacent disciplines. It is a continuation of bibliography published in review "Naše teme" No. 6/1959) issued in Zagreb. (The number is entitled "Machine translation and statistics and language."). The present selection is made one the basis of available material and does not pretend to completness. The authors are quoted in the alphabetical order for the reason that the composers did not have at disposal all the relevant works. — Works of M. Bense and A. A. Moles do not figure in this list as they were published in the issue No. 1. of review "bit". The editor pursue with the publication of bibliography in this manner in the coming issues of "bit". All sugestions aimed at helping in this effort are welcomed.

Abzug, I.
Graphik Data Processing
Datamation, 1965.

Albright, G. H., L. O. Degelman
The MODCOM Design System
Pennsylvania Chapter, American Society of Landscape Architeture, 1965 Annual Meeting.

Alexander, C.
Four Computer Programs for the Hierarchical Decomposition of
Systems which have an Associated Linear Graph
HIDECS 3, M. I. T, Cambridge 1963

Alexander, C.
Notes on the Synthesis of Form
Cambridge, Mass. 1964

Alexander, C., S. Chermayeff
Community and Privacy: Toward a New Architecture of Humanism
New York 1963.

Alexander, C., M. L. Manheim
A Computer Program for the Hierarchical Decomposition of a Set with an Associated Linear Graph
HIDECS 2, M. I. T., Cambridge 1962

Allen, T. R., J. E. Foote
Input/Output Software Capability and Image Processing System;
Proceedings of the Fall Joint Computer Conference San Francisco, October 1964

Alsleben, K.
Aesthetische Redundanz
Verlag Schnelle, Quickborn bei Hamburg, 1962

Alsleben, K.
Einführung in eine informationswissenschaftliche Visualisationslehre für Karten und Pläne des Städtebaues
Technische Universität Berlin, 1964

Alsleben, K.
Probleme bei der Verwendung von Sichtfeldern — Ansatz einer Visualisationslehre
Lehrmaschinen in kybernetischer und pädagogischer Sicht, Stuttgart — München 1964

Alsleben, K.
Programmierte Instruktion
Format 11/1967, Stuttgart

Alsleben, K., A. A. Moles, F. Molnar
Drei Probleme aus dem Bereich der Informationsästhetik
izd. D. Hacker, K. Staudt, München 1966

Alsleben, K.
Zur Informationsästhetik der Bildenden Kunst
izd. M. Ronge, Kunst und Kybernetik DuMont — Aktuell, 1968

Alsleben, K.
Gestaltete oder Konstruirte Computer-Kunst?
izd. W. E. Simmat, Exakte Aesthetik 5 Nadolski, Stuttgart, 1967.

Appel, A.
The Notion of Quantitative Invisibility and the Machine Rendering of Solids
IBM Research Report RC 1775, Feb. 1967

Apostel, L., B. Mandelbrot, A. Mort
Logique, Langage et Théorie de l'information
Paris 1957

Approches
No. 1, 11, rue Cognacq-Jay, 7ème

Arazi, E.
A Portrait by a Computer as a Young Artist
Computer and Automation, Vol. XII, Jan. 1963.

Asemissen, H. U.
Exakte Aesthetik
izd. M. Ronge, Kunst und Kybernetik DuMont-Aktuell, 1968

Ashby, W. R. *Design for a Brain*
Wiley, New York, 1952
IL, Moskva, 1962 (Konstrukcija mozga)

Ashby, W. R.
An Introduction to Cybernetics
Chapman & Hall, London, 1956.
Izdatel'stvo inostranoj Literatury, Moskva, 1959.

Baudot, J. A.
La machine à écrire
Les Editions du Jour
3411 rue St-Denis à Montréal, 1964.

Beddoes, M. P., S. A. Akhar
Some Techniques for Producing Holograms with Lasers
Canadian Electronics Conference October 1965.

Beebe-Center, J. G.
A Test of Birkhoff's Aesthetic Measure
Journal of General Psychology, Worcester, Mass. 17/1939.

Belevitsch, V.
Langage des Machines et Langage Humain
Bruxelles 1956.

Beltrame, R., A. Berberinni, G. Galassi
Contribution to the Studies on the Movements of the Eyeballs, During Optical Perceptions, by Means of High-Speed Photography

VII International Congress on High-Speed Photography
Zürich, Sept. 1965.

Beltrame, R.
Il visore di una machina che osserva e descrive
Rassegna electronica, anno I, No. 1, 1965

Berkeley, E. C.
Computer Art: Turing Point
Computers and Automation, Vol. 16, No. 8, August 1967.

Berlyne, D. C.
Aesthetic Behaviour and Exploratory Behaviour
Proceedings, 5th International Congress on Aesthetics
Amsterdam 1964.

Berlyne, D. E.
Measures of Aesthetic Preference
Proceedings, 1st International Congress on Experimental Aesthetics
Paris, 1965.

Bernholtz, A.
Computer Graphic Displays in Architecture
Information Display, III/1966.

Bernholtz, A., E. Bierstone
Computer-Augmented Design
Design Quarterly 66/67.

Bernstein, J.
The Analytical Engine
Random House, New York, 1964.

Berry, B., M. L. Mendelsohn
Picture Generation with a Standard Line Printer

Communications of ACM V, 1964.

Biggs, W. G.; F. V. Brock; P. R. Harrison
Electronic Brains Go Creative — Will Exhibit
Ann Arbor News, April 23, 1965.

Birkhoff, G. D.
A Mathematical Theory of Aesthetics
The Rice Institute Pamphlet 19, 1932.

Birkhoff, G. D.
Aesthetic Measure
Cambridge 1933.

Bongard, M. M.
Modelirovanie processa uznavania na cifrovoi sšetnoi mašine
Biofizika, 6, 1961, Moskva

Bongard, M. M.
Modelirovanie processa uznavania
Nauka i žiznj, no. 6. 1965.

Braverman, E. M.
Opiti po obučeniu mašini raspoznavania zriteljnih obrazov
Avtomatika i Telemehanika, 23, 1962.

Braun-Feldweg, W.
Industrial design heute
Rowohlts Enzyklopädie
Reinbek bei Hamburg, 1966.

Brilljuen, L.
Nauka i teorija informacii
Fizmatgiz, Moskva, 1960.

Bronowski, H. L. C. Jaffé, M. Staber
Structure in Art and Science
London 1965.

Brooks Jr., F. P.; A. L. Hopkins Jr.; P. G. Neumann, W. V. Wright
An Experiment in Musical Composition
IRE Transaction on Electronic Computers EC-6/1957.

Bulcsú, L.; S. Petrović Ž. Bujas; M. Mulić; B. Pogorelec; K. Pranjić; L. Spalatin; B. Finka; S. Babić
Strojno prevođenje i statistika u jeziku
Naše teme, God. III, br. 6, Zagreb 1959.

Burnham, J.
The Effects of Science and Technology on the Sculpture of this Century
George Braziller Inc. New York, 1968.

Burton, V.
Computers Confront the Curator
The Metropolitan Museum of Art Bulletin Summer 1967.

Ceccato, S.
Estetica e cibernetica: un invito agli artisti
XII Convegno Internazionale Artisti, Critici e Studiosi
d'Arte (Verucchi, Rimini, S. Marino 1963)

Ceccato, S.
Cibernetica ed Arte
D'Ars Agency, IV/1963.

Ceccato, S.
L'espressione plastica ed il suo problema metodologico
Il Verri, No. 15, Feltrinelli Editore, Milano, 1964.

Ceccato, S.
Un tecnico fra i filosofi: Vol. I, Come Filosofare; Vol. II
Come non filosofare.
Marsilio Editori, Padova, 1964—1966.

Ceccato, S.
A Model of the Mind
Consiglio Nazionale delle Ricerche
Roma, 1965.

Ceccato, S.
La communicazione; via linguistica, via d'osservazione, via estetica.
Convegno internazionale artisti, critici e studiosi d'arte Rimini, Verruchio, San Marino, 1965.

Ceccato, S.
Concepts for a New Systematics
Symposium on the Relational Factors in Classification
University of Maryland, June 1966.

Ceccato, S.
La Natura del piacere Estetico
XV Convegno Internazionale Artisti, Critici e Studiosi d'Arte, Rimini, San Marino, Verucchio, Cattolica, Ferrara

Ceccato, S.
Proposte per una indagine estetica da parte di un cibernetico
Ente autonomo la Biennale di Venezia
Nummero 61, Anno XVIII, Marzo 1967.

Ceccato, S.
A Reasoning perception
Centro di Cibernetica e di Attività Linguistiche
Università degli Studi di Milano, 1967.

Cenowsky, S.
Jet Plane
Santa Barbara New-Press, October 31, 1965.

Chermayeff, S.
Architecture and the Computer
Proceedings of the First Boston Architectural Center Conference
Boston, 1964.

Cole, M. P.; P. H. Dorn; C. R. Lewis
Operational Software in a Disc Oriented System
Proceedings of the Fall Joint Computer Conference
San Francisco, Oktober 1964.

Conn, R. W.
Digitized Photographs for Illustrated Computer Output
AFIPS Conference Proceedings, Spring 1967.

Constant, M. L.
Computer Graphics: Extending the Visual Media
Dot Zero, I/1966.

Coons, S. A.
Surfaces for Computer-Aided Design of Space Figures
Mechanical Engineering Dept. M. I. T.

Coons, S. A.
Computer-Aided Design
Design Quarterly 66/67.

Couch, W. R.
Computer-Aided Design: From Concept to Finished Product
IFIP 1965. Vol. II

Cube, F. von
Was ist Kybernetik? — Grundbegriffe, Methoden, Anwendungen
Schünemann-Verlag, Bremen 1967.

Culler, G. J.
Human Factors in On-Line Problem Solving
IFIP 1965. Vol. II

Dam, A. Van
Review of Computer Graphics Equipment
Advances in Computing, Vol. 7

Davis, R. C.
An Evaluation and Test of Birkhoff's Aesthetic Measure Formula
J. Gen. Psychol. 15/1936.

Davis, R.
History of Automated Displays
Datamation, January 1965.

Deweze, A.
Traitement de l'informatique linguistique
Ed. Dunod, Paris, 1966.
Experiments in Art and Technology (E. A. T.)
9 East 16th Street, N. Y., N. Y.
Vol. I, No. 1—3, 1967; Vol. 2, No. 1, 1968.

Feuche, M.
Digital Plotter Industry Growing Markedly
Computers and Automations, Aug. 1967.

Fetter, W. A.
Computer Graphics in Communication
McGraw Hill Engineering Graphic Monograph
New York, 1965.

Fetter, W.
Computer Graphics at Boeing
Print, XX/1966.

Fetter, W. A.
Computer Graphics
Design Quarterly 66/67.

Finkle, I. L.
Recording Lissajous Figures
Science, June 18, 1965.

Flarer, F.; C. Genovese; Borsari R.; A. Aigoni
Rilievi statistici sull'attività grafica di 300 soggetti ed osservazioni sull'espressione plastica di psicotici
CNR, Roma, 1966.

Frank, H.
Grundlagenprobleme der Informationsästhetik und erste Anwendung auf die mime pura
Dissertation, Technische Hochschule Stuttgart, 1959.

Frank, H.
Grundlagenprobleme der Informationsästhetik
Waiblingen, 1959.

Frank, H.
Kybernetik und kybernetische Technik — Signal und Zeichen, Information und Codierung
Kybernetische Maschinen
Frankfurt 1964.

Frank, H.
Kybernetische Analysen subjektiver Sachverhalte
Quickborn bei Hamburg, Verlag Schnelle 1964.

Franke, H. W.
Phänomen Kunst
Stuttgart 1967.

Franke, H. W.
Grundriss einer kybernetischen Ästhetik
S. Moser — S. J. Schmidt, Information und Kommunikation
R. Oldenburg, München—Wien 1968.

Friedjung, W.
Vom Symbolgehalt der Zahl
Europa Verlag, Wien, Frankurt, Zürich, 1968.

Fucks, W.
Mathematische Analyse des literarischen Stils
Studio Generale, 1953.

Fucks, W.
Unterschied des Prosastils von Dichtern und anderen Schriftstellern
Sprachforum, 3/4/1955.

Fucks, W.
Gibt es mathematische Gesetze in Sprache und Musik?
Umschau 33/1957.

Fucks, W.
Mathematische Analyse von Werken der Sprache und der Musik
Physikalische Blätter 16/1960.

Fucks, W.
Mathematische Musikanalyse und Randomfolgen
Gravesaner Blätter 6/1962.

Fucks, W.
Über mathematische Musikanalyse
NTZ 1/1964.

Fulton, R. L.
Visual Input to Computers
Datamation, August 1963.

Gardiner, M.
On the Realtionship between Mathematics and the Ordered Patterns of Op-Art
Scientific American, CCXII/1965.

Garnich, R.
Konstruktion, Design, Ästhetik
Selbstverlag Rolf Garnich: 73 Esslingen--am-Neckar, Germany, 1968.

Génovèse, C.
Psicologia e Psicopatologia dell'Attiva Gràfica
D'Ars Agency, VI/1965.

Génovèse, C.
Esthétique Experimentale et Psychopathologie de l'Expression Plastique: Méthodes et Appareiles Electronique de Recherche
Congrês international pour l'esthetique experimentelle

Gerstner, K.
Kalte Kunst? — Zum Standort der heutigen Malerei
Verlag Arthur Niggli AG, Teufen 1963. (1957)

Gerstner, K.
Programme entwerfen (Designing Programmes)
Verlag Arthur Niggli A. G. Teufen 1968. (1964)

Gill, S.
A Technique for the Composition of Music
The Computer Journal, Juli 1963.

Götz, K. O.
Bildende Kunst und Kommunikation
Hochschule für bildende Künste
Düsseldorf, 1963.

Götz, K. O.
Das manipulierte Bild
Magnum, April 1963.

Götz, K. O.
Was ist am Bild messbar? Möglichkeiten und Grenzen der Informationstheorie
Syn, Baden-Baden, Nr. 2, 1965.

Götz, K. O.
Bildmessung und Bildwahrnehmung
Untersuchungen über subjektive Redundanz
Staatliche Kunstakademie, Düsseldorf
Nachrichten, Bilder, Berichte 3,
Sommersemester 1967.

Götz, K. O.
Möglichkeiten und Grenzen der Informationstheorie bei der exakten Bildbeschreibung
M. Ronge, Kunst und Kybernetik
DuMont-Aktuell, 1968.

Götz, K. O.
Visuelle Gedächtnisleistung und Informationsverarbeitung
M. Ronge, Kunst und Kybernetik
DuMont-Aktuell, 1968.

Goubeau, J.
Ein informationstheoretischer Ansatz zur Deutung der griechischen Musikgeschichte
Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft
Quickborn 1960.

Green, Dr. D. H.
Sinft-register derived patterns
Cybernetic serendipity
Studio international, London, special issue, 1968.

Gruenberger, F.
Computer Graphics: Utility (Production) Art
Washington, Thompson Book Co., 1967.

Gunzenhäuser, R.
Ästhetisches Mass und ästhetische Information
Quiqborn, 1962.

Gunzenhäuser, R.
Zur Synthese von Texten mit Hilfe programmgesteuerter Ziffernrechenanlagen
Mathematik — Technik — Wissenschaft, 10, 1963.

Gunzenhäuser, R.
Informationstheorie und Ästhetik;
Kybernetik, Brücke zwischen den Wissenschaften
Frankfurt am Main 1964.

Gunzenhäuser, R.
Zur informationstheoretischen Betrachtung vor Lehrvorgängen: Konsequenzen für die Erzeugung und Betrachtung ästhetischer Objekte
M. Ronge, Kunst und Kybernetik
DuMont-Aktuell, 1968.

Gunzenhäuser, R.
Das ästhetische Mass Birkhoffs in informationsästhetischer Sicht
M. Ronge, Kunst und Kybernetik
DuMont-Aktuell, 1968.

Gunzenhäuser, R.
Behandlung nicht-numerischer Probleme mit Hilfe digitaler Rechenanlagen
Wien, Springer-Verlag, (u tisku)

Hacker, D.; K. Staudt
Beschreibung einer Methode der Manipulierung psychologischer artistischer Mittel und Ergebnisse aus Untersuchungen mit diesen Mitteln (II)
Manuskript, München 1964.

Hardway, C. L.
Graphic Data Input-Output Equipment
Online Computing. Karpus, Walter I. (Ed)
McGrow Hill, 1967.

Harmon, L. D.; K. C. Knowlton
Computer generated pictures
Cybernetic Serendipity
Studio International, London, special issue, 1968.

Hargreaves, B.; J. C. Jozce, G. L. Cole
Image Processing Hardware for a Man--Machine Graphical Communication System
Proceedings of the Fall Joint Computer Conference
San Francisco, Oktober 1964.

Hawkins, J. K.
Lunacy
Computer and Automation, XIII, February, 1964.

Hazeltine, J. L.
The Computer and the Artist
Utah Architect, 1966.

Hellström, G.
Algoritmer i Kunst (Algorithm and Art)

Fylkingen, Bulletin international, No. 2, 1967.
Stockholm

Herdan, G.
Informationstheoretische Analyse als Werkzeug der Sprachforschung
1954.

Herdan, G.
Language in the Light of Statistical Theory of Information
II, Metron, 1955.

Hershey, A. V.
Calligraphy for Computers
U. S. Naval Weapons Laboratory
Dahlgren, Virginia. Technical Report No. 2102, Aug. 1967.

Herzog, B.
Symbolic Input for Design
IFIP, 1965, Vol. II

Hill, A.
A Plastician's View of Art and Technology
Fylkingen, International Bulletin, No. 1, Vol. 1, 1967.
Stockholm

Hiller Jr., L. A.
Informationstheorie und Computer-Musik
Darmstädter Gespräch, 1964.

Hiller Jr., L. A.; Backer
Computer-Kantate 1963.
Darmstädter Beiträge zur neuen Musik, 1963.

Hiller Jr., L. A.; L. M. Isaacson
Illias Suite for String Quartet
New Music 30/1957.

Hiller Jr., L. A.; L. M. Isaacson
Experimental Music: Composition with an Electronic Computer
New York, 1959.

Hofmann, H. W.
Informationstheorie und Werbung
Hausillustrierte, Maul & Co., Nürnberg

Hutchinson, B. G.
Simulation of Exhibit Visitor Circulation in a Digital Computer
Computers in Design and Communication: Design and Planning No. 2
Martin Krampen and Peter Seitz (Eds), New York: Hastings House, 1967.

Holloway, J. H. (izd)
ISAN (International Science — Art Newsletter)
University of Aberdeen, Meston Walk, Scotland

Imdahl, M.
Modi im Verhältnis zwischen ästhetischer und semantischer Information.
Anmerkungen zu Max Benses Aesthetica (1965)

S. Moser — S. J. Schmidt: Information und Kommunikation
R. Oldenburg Verlag, München—Wien, 1968.

Inagaki, Kazuho
Eizó jidai no eiga taiken no hansei — biteki komunikéshon jostsu
(nova dimenzija filmskog eksperimenta — uvod u estetiku komunikacije)
Bigaku (Estetika), Vol. 15, sv. 3, No. 59. Dec. 1964, Tokyo

Jacks, E. L.
Design Augmented by Computers
Design Quarterly 66/67.

Jaglom, A. M., I. M. Jaglom
Vjerojatnost i informacija (Wahrscheinlichkeit und Information)
Fizmatgiz, Moskva, 1960. (II izd.); Berlin, 1960.

Jenny, H.
Cymatics, the Structure and dynamics of Waves and Vibrations
Basilius Prosse, Basel, 1968.

Johnson, T. E.
Sketchpad III, — Three Dimensional Graphical Communication with a Digital Computer
Proceedings of the 1963 Spring Joint Computer Conference

Jorgensen, H.
The Art Reveals the Artist
Simulation, Juli 1966.

Jules, B.
Texture and Visual Perception
Scientific American CCXII/1965, februar

Kaiser, S. F.
Graphs Shouls be Computer Drawn
The Human Use of Computing Machines
Bell Telephone Laboratories, Murray Hill, N. Y., June, 1966.

Kekić, Z.
Kibernetika
Privreda, Zagreb, 1962.

Kibernetički zbornik
IL, Moskva, Vol. 1, 1960.

Kilner, D. E.
The Characteristics of Computer of the second Decades
(Karakteristiki vičisliteljnih mašin vtorova desjatletia)
Computor Bull. 88—112, 1960.
Kibernetičeskij zbornik, No. 5, II, 1962.

Knowlton, K. C.
Computer Technique for Producing Animated Movies
AFIPS Conference Proceedings, Vol. XXV/ 1964.

Knowlton, K. C.
Computer-Produced Movies
Science 150, 26. Nov., 1965.

Knowlton, K. C.
Computer-animated movies
Cybernetic Serendipity
Studio international, London, special issue, 1968.

Kolmogorov, A. N.
Avtomati i žizn
Sb. »Mašinnij perevod«, viš. 6, M. 1961.

Kolmogorov, A. N.
Žizni i Mišlenije s točki zrenija kibernetiki
Dokladi na teoretičeskoj konferenciji filozofskih seminarov naučnih učreždeniji
AN SSSR, Moskva, 1962.

Krampen, M.
The Designer and the Computer
Print XX, 6, november-december, 1966.

Krampen, M.
Computers and the Future of the Design Environment
Print XX/1966.

Krampen, M.
Computer im Design. Ergebnisse und Möglichkeiten der Computer-Graphik
Exakte Ästhetik 5, Nadolski, Stuttgart, 1967.

Krampen, M.
Computer für Kunst und visuelle Kommunikation
Format 11/1967.

Krampen, M; Seitz P. (Eds)
Design and Planning No. 2:
New York, Hastings House, 1967.

Kretzmer, E, R.
Statistic of Television-Signals
Bell Syst. Tech. J., July 1952.

Kretzmer, E, R.
Redundancy in Television
Bell. Lab. Rec., November 1954.

Krüger
Über Entropieverluste in Fernsehempfängern
Nachrichtentechnik 5/1955.

Krull F. N.; J. E. Foote
A Line Scanning System Controlled from an On-Line Console
Proceedings of the Fall Joint Computer Conference, San Francisco, Oktober 1964.

Kruskal, J. B.
Finding Hidden Structure in Complex Data
The Human Use of Computing Machines
Bell Telephone Laboratories, Murray Hill,