
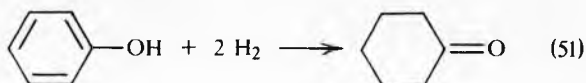


Takvi metalni komplekski nemaju svojstva soli, nego se ponašaju kao kovalentni spojevi. Topljivi su u organskim otapalima i imaju tališta u vrlo uskom temperaturnom području. Metalni acetilacetonati upotrebljavaju se kao sredstva za ekstrakciju metala u kemijskoj industriji, metalurgiji i rudarstvu. U analitičkoj kemiji primjenjuju se za dokazivanje i određivanje metala. Ostali derivati acetilacetonata također imaju široku primjenu, osobito u tekstilnoj i farmaceutskoj industriji, zatim u industriji lijekova, bojila i plastičnih masa.

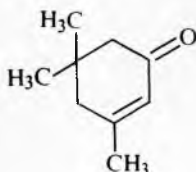
**Cikloheksanon**  industrijski se proizvodi različitim

postupcima. Najvažnija metoda proizvodnje jest katalitička hidrogenacija fenola, koja se provodi u plinovitoj fazi na temperaturi oko 160 °C:



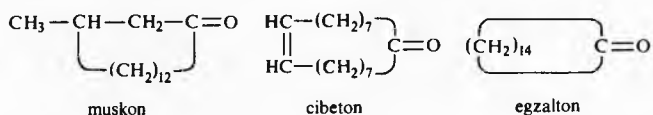
Cikloheksanon se, osim toga, proizvodi katalitičkim hidrogeniranjem cikloheksanola, te direktnom oksidacijom cikloheksana u tekućoj fazi. Gotovo sav proizvedeni cikloheksanon upotrebljava se kao sirovina za dobivanje  $\epsilon$ -kaprolaktama. Ako se  $\epsilon$ -kaprolaktam zagrijava na 250 °C u prisutnosti kiselih ili baznih katalizatora, prelazi u linearni polimerni amid  $[-NH(CH_2)_5CO]_n$ , koji se može ispredati u vlakna poznata kao Nylon 6. Cikloheksanon se također upotrebljava za proizvodnju adipinske kiseline, zatim kao otapalo u industriji lakova, te u tekstilnoj industriji.

**Izoforon** (3,5,5-trimetil-2-cikloheksen-1-on),

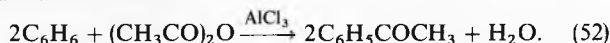


proizvodi se kiselokataliziranom kondenzacijom acetona u tekućoj fazi. Upotrebljava se kao otapalo u industriji lakova i kao sirovina u proizvodnji pesticida.

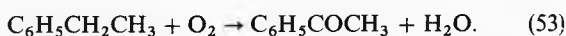
**Makrociklički ketoni** koji sadrže četrnaest do sedamnaest atoma u prstenu imaju karakterističan miris mošusa i upotrebljavaju se u industriji parfema. Najvažniji ketoni iz ove grupe spojeva su muskon i cibeton, izolirani iz životinjskog sekreta, te egzalton, koji se proizvodi industrijski kao zamjena za prirodni mošus:



**Acetofenon**,  $C_6H_5COCH_3$  (metilfenilketon). Najstariji postupak za sintezu tog spoja jest Friedel-Craftsova reakcija benzena i acetanhidrida:



Danas se acetofenon industrijski dobiva mnogo jeftinijim postupkom, katalitičkom oksidacijom etilbenzena kisikom iz zraka:



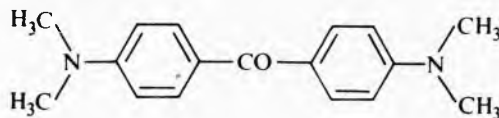
Upotrebljava se u proizvodnji plastičnih masa, bojila i farmaceutskih proizvoda (kloramfenikol), te kao otapalo.

**Benzofenon**,  $C_6H_5COC_6H_5$  (difenilketon), dobiva se kondenzacijom benzena i tetraklormetana uz aluminij(III)-klorid kao katalizator, te hidrolizom nastalog međuprodukta:



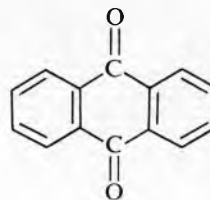
Benzofenon se upotrebljava kao sirovina u industriji parfema, u farmaceutskoj industriji, te u nizu organskih sinteza.

**4,4-bis(dimetilamino)-benzofenon** (Michlersov keton)



dobiva se kondenzacijom dimetilnilina i fozgena uz cink(II)-klorid kao katalizator. Upotrebljava se kao sirovina u industriji bojila i kao inicijator u procesu fotopolimerizacije.

**9,10-antrakinon**



dobivao se ranije oksidacijom antracena, dok se sada proizvodi Friedel-Craftsovom reakcijom benzena i ftalanhidrida. Derivati antrakinona upotrebljavaju se u industriji bojila.

**Terpenski ketoni.** Mnoštvo spojeva iz skupine terpenskih ketona nalazi se u prirodi u eteričnim uljima (v. *Eterična ulja*, TE5, str. 360). Terpenski ketoni imaju ugodan miris, pa se upotrebljavaju u industriji parfema (jonon, pseudojonon, metiljonon, menton, pulegon, piperiton, iron, jasmon, tujon, verbeton, vetivon), kozmetičkih preparata (fenkon), te u prehrambenoj industriji (karvon). Jonon (izomeri  $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\gamma$ ) jest sirovina za proizvodnju vitamina A. Kamfor je biciklički terpenski keton koji se upotrebljava u medicini i veterini (kao analeptik), te u proizvodnji celuloida.

**Steroidni ketoni.** Neki od tih ketona (testosteron, androsteron, progesteron, estron) jesu seksualni hormoni, dok su drugi spojevi iz te skupine (aldosteron, kortikosteron, dehidrokortikosteron, kortizon, kortizol) kortikosteroidi koji reguliraju metabolizam ugljikohidrata.

LIT.: C. D. Gutsche, The chemistry of carbonyl compounds. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J. 1967. — J. D. Roberts, M. C. Caserio, Basic principles of organic chemistry. W. A. Benjamin, Menlo Park, California 1977. — A. Streitwieser, Jr., C. H. Heathcock, Introduction to organic chemistry. Macmillan Publishing Co., New York 1976. — R. T. Morrison, R. N. Boyd, Organic chemistry. Allyn and Bacon, Boston 1973. — C. R. Noller, Kemija organskih spojeva. Tehnička knjiga, Zagreb 1967. — J. K. Stille, Industrial organic chemistry. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J. 1968. — J. Wöllner, E. Weber, Aceton, u djelu Ullmanns Encyclopädie der technischen Chemie, Bd. 7. Verlag Chemie, Weinheim 1976. — W. Fliege i sur., Ketone, aliphatische, R. Brockhaus i sur., Ketone, aromatische, u djelu Ullmanns Encyclopädie der technischen Chemie, Bd. 14. Verlag Chemie, Weinheim 1976.

M. Ladika

**KIBERNETIKA**, znanost o općim zakonitostima procesa upravljanja, reguliranja, dobivanja, pohranjivanja, pretvorbe i prijenosu informacija u sustavima, neovisno o njihovoj fizikalnoj prirodi.

Iako se pojam kibernetike upotrebljavao još u staroj Grčkoj (grč. *κυβερνητική* kibernein *upravljati*), njezine je temelje u današnjem smislu postavio 1948. god. američki znanstvenik Norbert Wiener u knjizi *Cybernetics or control and communication in the animal and the machine*. Pronalazeći opće zakonitosti koje su primjenjive u različitim područjima znanosti, kibernetika je postala sintetička disciplina koja je omogućila dublji uvid u ostala područja znanosti, njihov dalji i intenzivniji razvoj, te prenošenje spoznaja iz jednog u druga znanstvena područja. Polazeći od informacijsko-sustavnog gledišta, kibernetika je bitno utje-

cala na dalji razvoj mnogih područja znanosti dovodeći ne samo do novog i svestranijeg pristupa već i do uzajamnog oplođivanja ideja i pronalazaka u različitim područjima ljudske djelatnosti. U svojem razvoju čovjek je naučio upotrebljavati materijal, zatim energiju, da bi razvojem kibernetike počeo razvijati i sredstva za upravljanje i materijalima i energijom, što se može nazvati tehnologijom upotrebe informacija.

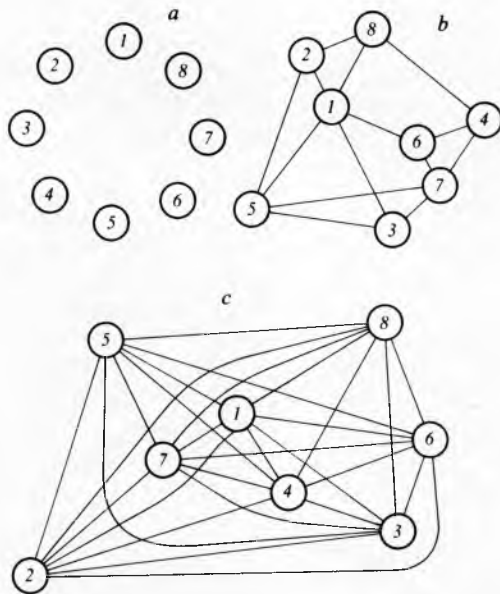
Tablica 1  
OGRANCI KIBERNETIKE

Teorija informacija
Teorija kodiranja
Teorija formalnih jezika i gramatika
Teorija slučajnih procesa
Teorija statističkih rješenja
Teorija igara
Matematička logika
Teorija algoritama i programiranja
Upotreba i konstrukcija računskih strojeva
Matematički modeli i instrumenti
Stohastički procesi
Heurički procesi
Determinirani veliki sustavi
Nedeterminirani veliki sustavi
Veliki i složeni sustavi
Automatsko vođenje i regulacija
Robotika
Raspoznavanje obrazaca i perceptroni
Automati sa sposobnošću učenja
Automati sa sposobnošću samoorganiziranja
Automati sa samopodešavanjem
Teorija pouzdanosti
Teorija masovnog posluživanja
Teorija komuniciranja čovjek — stroj

Kibernetika ima danas 24 ogranka (tabl. 1), s pomoću kojih se dalje razvija i koji međusobno razvijaju jedan drugi. Osnovno značenje za kibernetiku ima razvoj teorije informacija (v. *Teorija informacija*) i teorija sustava.

SUSTAVI

Sustav je skup elemenata povezanih vezama kojima djeluju jedan na drugi. Kako broj elemenata koji čine sustav može biti veoma velik, a broj njihovih mogućih veza raste eksponencijalno s brojem elemenata koji čine sustav, to su i broj i vrste ostvarivih sustava tako veliki da se svi mogući sustavi ni relativno malog broja elemenata, zbog ograničenosti vremena kojim se raspoloža, ne mogu ni ostvariti ni matematički opisati i istražiti, pa ni onda kad bi za to postojao odgovarajući



Sl. 1. Sustav je skup elemenata povezanih međusobnim djelovanjem preko veza koje su označene linijama. a) nulti sustav: nema međudjelovanja, b) nepotpuni sustav: nema neposrednog međudjelovanja svakog elementa sa svakim elementom, c) potpuni sustav: postoji neposredno međudjelovanje svakog elementa sa svakim elementom sustava

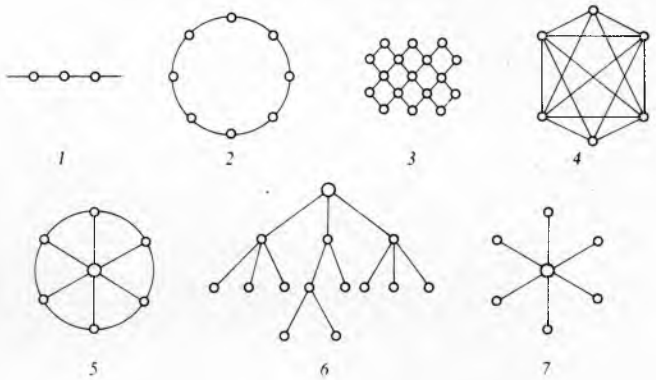
matematički aparat (npr. u šahu ima  $10^{120}$  mogućih kombinacija, koje se sve ne bi mogle istražiti ni da nezamislivo mnoštvo najmoćnijih računala radi na tome od postanka čovjeka sve do danas).

Međutim, iako sustavi mogu imati veoma različita svojstva, zajedničko im je svojstvo da svaki ima svoj ulaz i izlaz, pri čemu izlaz iz sustava ovisi o: svojstvima ulaznog signala, svojstvima elemenata sustava, međusobnim vezama elemenata sustava i stanju sustava u trenutku ulaska signala u sustav.

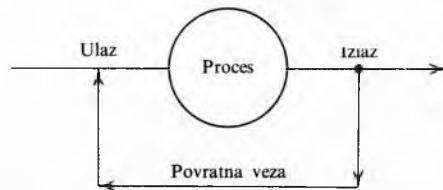
Ako sustav ima više ulaza i izlaza, onda izlazi iz sustava još ovisi i o: međusobnom kvalitativnom i kvantitativnom odnosu ulaznih signala, međusobnom vremenskom pomaku ulaznih signala, te vremenski promjenljivim stanjima sustava zbog djelovanja prethodnih signala i signala koji upravo djeluju.

**Vrste sustava.** Prema broju ostvarenih veza među elementima sustava postoje: a) *nulti sustavi*, kod kojih ne postoje veze među elementima skupa, b) *nepotpuni sustavi*, kod kojih ne postoji veza svakog elementa sa svakim elementom sustava, ali postoje veze među nekim elementima sustava, c) *potpuni sustavi*, kod kojih postoji veza svakog elementa sa svakim elementom sustava (sl. 1).

**Oblici sustava.** Prema osnovnim oblicima sustav može biti: linijski, prstenasti, mrežasti, potpuni, kotačni, hijerarhijski, centralizirani (sl. 2) i s povratnom vezom (sl. 3).



Sl. 2. Osnovni oblici sustava: 1 linijski, 2 prstenasti, 3 mrežasti, 4 potpuni, 5 kotačni, 6 hijerarhijski, 7 centralizirani



Sl. 3. Sustav s povratnom vezom. Izlaz iz procesa povratno djeluje na ulaz u proces

Svaki od tih sustava ima drukčija svojstva, pri čemu su moguće još i njihove različite kombinacije. Valjanost sustava ocjenjuje se prema kriterijima: operativnosti, optimalnosti, ekonomičnosti, postojanosti, redundantnosti (zalihosti), veličini, centralizaciji, perifernosti i upravljivosti.

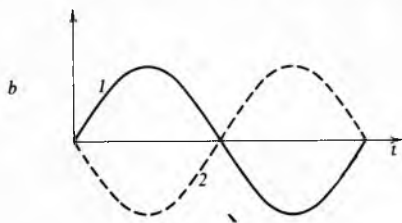
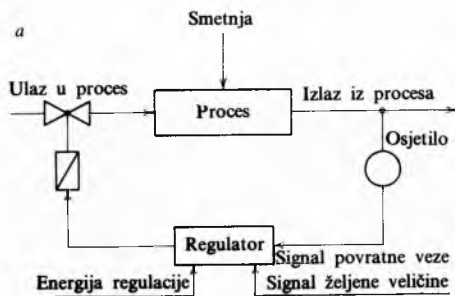
**Izvedbe sustava.** Svaki od osnovnih oblika sustava može se načiniti kao kruti ili kao elastični sustav.

*Kruti sustav* (određeni ili determinirani sustav) za određeni ulaz daje uvijek isti, prethodno određeni izlaz. Takav je sustav točan, ali ne može učiti, optimirati svoj rad, prilagođavati se, sam se podešavati ni povećavati količinu početne informacije koja je u njega ugrađena. Međutim kruti sustavi imaju veliku prednost što se u njih uvijek za određeni ulaz pouzdano zna kakav će biti izlaz.

*Elastični sustav* (vjerojatni ili stohastički sustav) za određeni ulaz ne daje uvijek isti, prethodno određeni izlaz. Takav sustav nije uvijek točan, ali može učiti, optimirati svoj rad, prilagođavati se, sam se podešavati i povećavati količinu početne

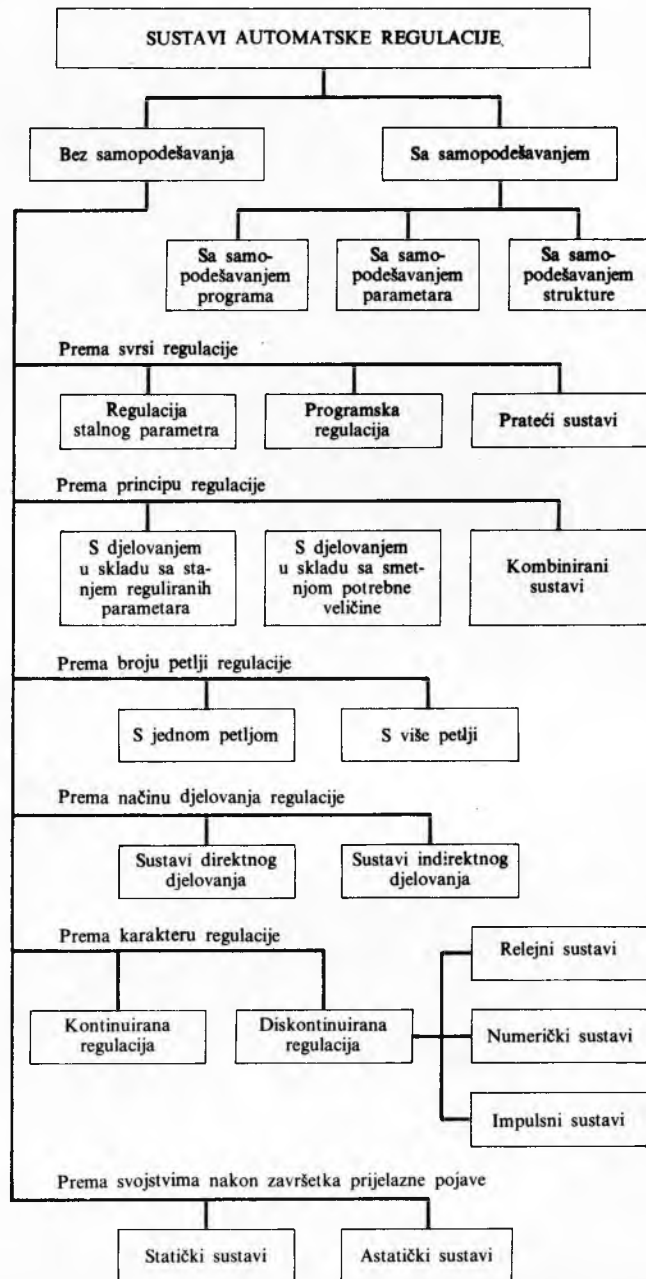
informacije koja je u njega ugrađena. Međutim, kod elastičnog sustava za određeni ulaz nikad se pouzdano ne može znati kakav će biti izlaz, već se on može predvidjeti samo s nekom vjerojatnošću manjom od jedan. Velika prednost kibernetičkog pristupa je upravo mogućnost izvedbe elastičnog automata koji dopunjava krute automate kao njihov komplement.

**Sustav s povratnom vezom.** Najvažniji od osnovnih oblika sustava za kibernetiku i automatizaciju (v. *Automatizacija*, TE 1, str. 491) jest sustav s povratnom vezom (sl. 3 i 4). Kod tog se sustava može na ulazne veličine procesa djelovati tako da izlazne veličine procesa imaju onu vrijednost koja odgovara nekoj odabranoj, željenoj veličini, bez obzira na to što na sustav djeluju različite smetnje koje nastoje izlaz iz procesa otkloniti od željene veličine. Taj se važan rezultat postiže povratnim djelovanjem informacije s izlaza iz procesa na ulazne parametre procesa, pa je zato cijeli sustav i dobio naziv sustav s povratnom vezom, za koji je karakteristična zatvorena informacijska petlja. Na izlazu iz procesa postavlja se osjetilo koje mjeri izlazne parametre procesa i o tome šalje informaciju u obliku signala povratne veze u regulator. U regulatoru se, u posebnom njegovu uređaju nazvanom diskriminator, uspoređuje informacija o stvarnom stanju izlaza iz procesa, koju nosi signal povratne veze, s informacijom o vrijednosti koja se želi na izlazu iz procesa, koju nosi signal željene veličine. Ako su signali povratne veze i željene veličine jednaki, to znači da izlaz iz procesa ima upravo onu vrijednost koja odgovara željenoj veličini, pa regulator u tom slučaju neće izvršiti nikakvo korekcijsko djelovanje na ulazne veličine u proces. Ako signali povratne veze i željene veličine nisu jednaki, regulator će podešavati ulaz u proces tako dugo dok se ne izjednače signali povratne veze i signal željene veličine. Tako se u ovom sustavu postiže da izlaz iz procesa ima uvijek onu vrijednost koja odgovara vrijednosti željene veličine bez obzira na smetnje koje nastoje izlaz sustava otkloniti od vrijednosti željene veličine. Svoje korekcijsko djelovanje sustav s povratnom vezom može izvesti na različite načine i po različitim zakonitostima (v.



Sl. 4. Detalji sustava s povratnom vezom. a struktura sustava, b grafički prikaz djelovanja smetnje na proces (1) i povratne veze na proces (2), uz vremensku konstantu povratne veze jednaku nuli

*Regulacija*). No bez obzira kako je sustav izveden i kakva je njegova fizikalna narav (tehnički, biološki, ekonomski, socijalni sustav itd.), u njemu uvijek postoji kružni tok informacije koja djeluje na ulaz u proces, dok na nju djeluje izlaz iz procesa. Pri tome je vrlo značajno što je energija koja se mora dovesti u regulator za regulaciju procesa vrlo malena u usporedbi s energijom koju regulator može regulirati. Općenito vrijedi da je energija koja se troši u svim informacijskim procesima u kojima je algoritam poznat i određen vrlo malena, ali energija i vrijeme što se troše za pronalaženje novog algoritma mogu



Sl. 5. Razvrstavanje sustava automatske regulacije

biti izvanredno veliki zbog mogućeg lutanja među mnogobrojnim kombinacijama sve dok se ne nađe pripadni algoritam.

Tablica 2  
PRIMIJEJENE KIBERNETIKE

Tehnička kibernetika  
Kibernetika transporta  
Biološka kibernetika  
Medicinska kibernetika  
Neurokibernetika  
Psihološka kibernetika  
Kibernetika društvenih sustava  
Politička kibernetika  
Ekonomski kibernetika  
Pravna kibernetika  
Vojna kibernetika

Na sustavu povratne veze zasnovan je cijeli niz sustava automatske regulacije (sl. 5), pri čemu suvremena kibernetika posebnu pažnju posvećuje razvoju sustava sa samopodešavanjem i sposobnošću učenja.

Iako je sustavni i informacijski pristup uvijek isti bez obzira na fizikalnu prirodu sustava, u konkretnoj obradbi različitih fizikalnih sustava susreću se mnoge specifičnosti, pa se u skladu s tim razvilo nekoliko različitih primijenjenih kibernetika (tabl. 2).

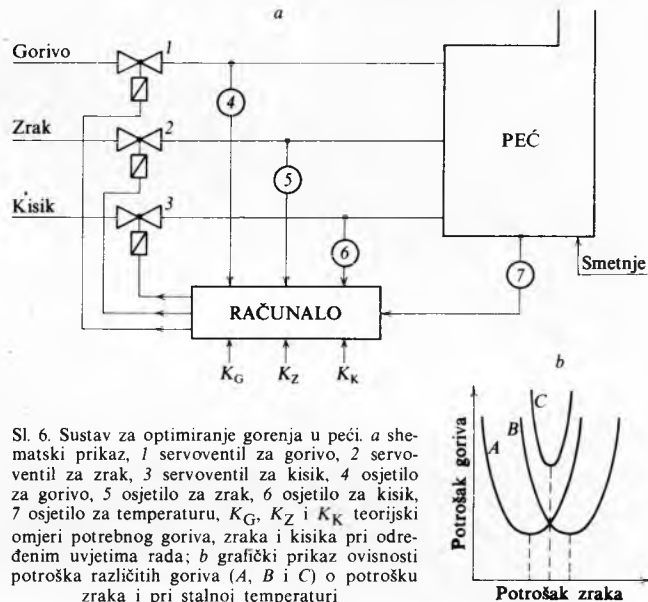
**TEHNIČKA KIBERNETIKA**

Tehnička kibernetika je usmjerenje kibernetike koje rješava probleme upravljanja, reguliranja i informiranja u složenim tehničkim sustavima. Njezin je osnovni cilj pronalaženje pravila za obradbu ulazne informacije upravljačkih uređaja tako da izlazna upravljačka informacija uspješno i optimalno djeluje u željenom smislu. To znači konstrukciju novih tipova automata koji su elastični i sposobni da uče, da se prilagođavaju, da se sami podešavaju te u mnogim svojim svojstvima oponašaju složena djelovanja ljudskog mozga. Takav automat mora biti sposoban da percipira stanja procesa na koji djeluje, za što mu služi poseban uređaj — perceptron, i da bude sposoban komunicirati s čovjekom na najbrži i najjednostavniji način. U skladu s tim suvremena tehnička kibernetika razvija se u pet osnovnih pravaca:

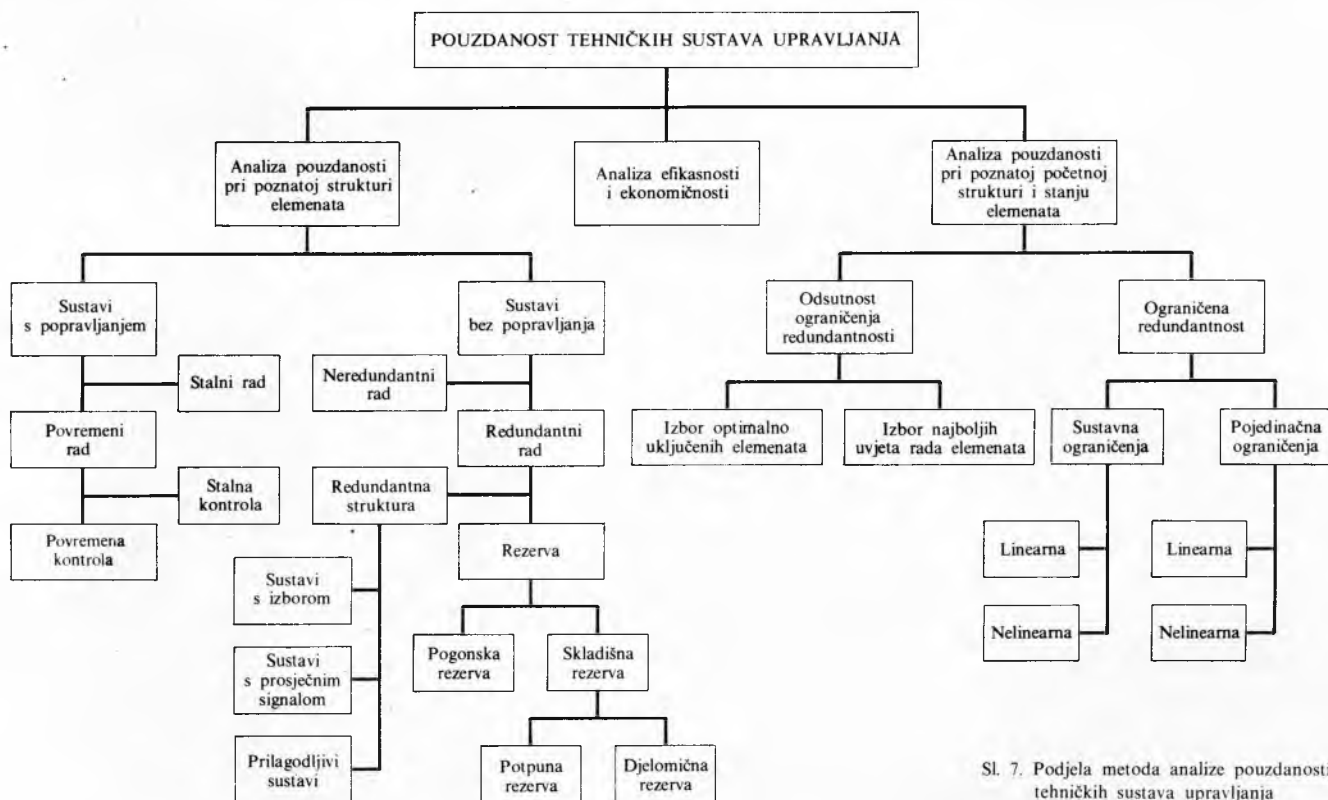
**Optimalni algoritmi**, odnosno optimalna strategija automatskog upravljanja omogućava postizanje ekstrema određenih kriterija optimalnosti (npr. maksimalne brzine djelovanja, minimalne statičke pogreške, minimalne dinamičke pogreške, maksimalne stabilnosti, maksimalne ekonomičnosti, maksimalne sigurnosti rada itd.). Pri tome se najčešće primjenjuju sljedeće metode: a) sinteza sustava optimiranih po brzini djelovanja pomoću faznog prostora, b) optimiranje pomoću oblasti izohrona, c) optimiranje pomoću principa maksimuma, d) optimiranje pomoću dinamičkog programiranja, e) optimiranje pomoću heurističkog programiranja, f) optimiranje po principu momenata, g) optimiranje s raspodjeljivanjem parametara, h) optimiranje po minimumu srednjeg kvadrata pogreške, i) optimiranje najboljim odvajanjem korisnog signala iz smjese signala sa šumom, j) optimiranje najboljom ekstrapolacijom i interpolacijom korisnog signala, k) optimiranje minimalnim srednjim rizikom s izabranom funkcijom gubitaka, l) optimiranje minimumom matematičkog očekivanja broja izlaznih pogrešaka iz zadanih okvira u toku zadanog intervala vremena, m) optimi-

ranje po minimumu gubitka informacije, n) optimiranje po minimaksu i o) optimiranje pomoću sličnosti.

**Optimiranje automatskih sustava.** U optimiranju automatskih sustava istražuje se kako se svrshodno moraju mijenjati svojstva automatskih sustava tokom rada u sklopu tehnoloških procesa da bi automatski sustavi najuspješnije djelovali. Karakterističan primjer takva optimiranja automatske regulacije jest regulacija zagrijavanja peći (sl. 6). Neoptimirani regulator regulira tako da pri smetnjama koje snižuju temperaturu peći dovodi u peć više goriva, zraka i kisika, a pri smetnjama koje povećavaju temperaturu peći dovodi u peć manje goriva, zraka i kisika. Međutim neoptimirani automatski regulator pri tome ne može u peć dovoditi različite omjere goriva, zraka i kisika koji će pri upotrebi različitih goriva osiguravati ne samo stalnu temperaturu peći već i minimalni potrošak goriva, a upravo to radi optimirani regulator s pomoću digitalnog računala.



Sl. 6. Sustav za optimiranje gorenja u peći. a) shematski prikaz, 1 servovalvil za gorivo, 2 servovalvil za zrak, 3 servovalvil za kisik, 4 osjetilo za gorivo, 5 osjetilo za zrak, 6 osjetilo za kisik, 7 osjetilo za temperaturu,  $K_G$ ,  $K_Z$  i  $K_K$  teorijski omjeri potrebnog goriva, zraka i kisika pri određenim uvjetima rada; b) grafički prikaz ovisnosti potroška različitih goriva (A, B i C) o potrošku zraka i pri stalnoj temperaturi



Sl. 7. Podjela metoda analize pouzdanosti tehničkih sustava upravljanja

**Složeni veliki sustavi** izgrađeni su od mnogo elemenata s mnogobrojnim međusobnim vezama i mogućnošću zatajivanja pojedinih elemenata sustava. U okvirima teorije složenih velikih sustava osobito su se razvile teorija konačnih automata, teorija pouzdanosti i teorija crne kutije.

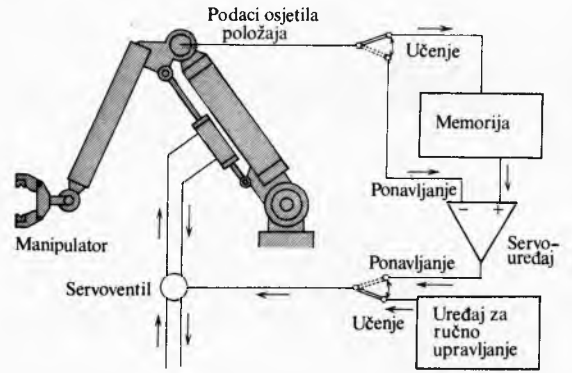
**Konačni automati.** Teorija konačnih automata obrađuje matematički model upravljačkog i regulacijskog sustava s memorijom koja se u radu ne može povećavati. Konačni automat podvrgnut je različitim ulaznim djelovanjima na svoje sastavne dijelove, kojih ima konačan broj i koji mogu imati određeni broj diskretnih stanja. Promjene ulaza i stanja elemenata konačnog automata događaju se u diskretnim trenucima vremena koji se zovu taktom konačnog automata. Pri tome je stanje pojedinih elemenata konačnog automata na kraju svakog takta potpuno određeno njegovim unutrašnjim stanjem i ulazom na početku takta.

**Pouzdanost.** Teorija pouzdanosti proučava zakonitosti oblika sustava, svojstava elemenata sustava, načina izradbe, ispitivanja i eksploatacije sustava koji omogućuju određeni stupanj njegove pouzdanosti (sl. 7). Izvanredan doprinos na tom području kibernetike dao je J. Neumann, koji je pokazao da se i od nepouzdatih elemenata poznatog stupnja nepouzdanosti može izgraditi sustav koji će pouzdano raditi. Primjer takvog sustava je ljudski mozak, koji se sastoji od  $10^{11}$  neurona. Svaki je od neurona vrlo nepouzdan element koji često nejednoliko radi i povremeno zatajuje u radu, a svakog sata u čovjekovu mozgu umire oko tisuću neurona, pri čemu se izumrli neuroni više ne obnavljaju. Sustav ljudskog mozga ipak pouzdano i bez smetnji radi, iako je sazdan od tako nepouzdatih elemenata, jer je građen u skladu s kibernetičkim principima pouzdanosti. Rezultati teorije pouzdanosti osobito su očiti u izgradnji pouzdatih raketnih sustava i satelita.

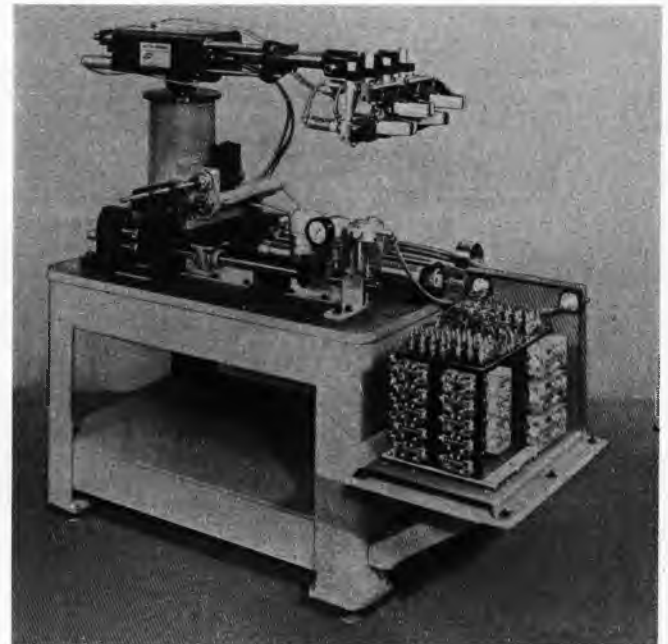
**Crna kutija.** Teorija crne kutije jest teorija objekta kojemu se unutrašnja struktura i narav ne poznaje, ali se poznaje i istražuje ovisnost izlaznog signala iz crne kutije o ulaznom signalu u crnu kutiju. Npr. jedan regulator može biti integralnog tipa. Pri njegovoj obradbi metodom crne kutije uopće se ne razmatra iz kakvih je elemenata sastavljen (npr. hidrauličkog, mehaničkog ili elektroničkog tipa), već se traži samo matematička veza između njegova ulaza i izlaza u obliku nekog operatora ili odgovarajuće diferencijalne jednadžbe. Metoda crne kutije, tj. poznavanje kakav ulaz u sustav treba dati da bi se dobio određeni izlazni signal a da pri tome nije poznata struktura sustava, upotrebljava se danas vrlo često, pa je upotrebljava čak i televizijski gledalac, koji zna koji ulaz (pritisak na tipku) mora dati da bi dobio izlaz (sliku i ton) iz televizijskog aparata, ali ne poznaje njegov sustav.

**Masovno posluživanje.** Teorija masovnog posluživanja proučava statističke zakonomjernosti u masovnim operacijama koje se sastoje od mnoštva jednakih elementarnih operacija, kao što je npr. rad automatskih telefonskih centrala koje poslužuju velik broj pretplatnika, proizvodnja velikih serija, održavanje velikih pogona itd.

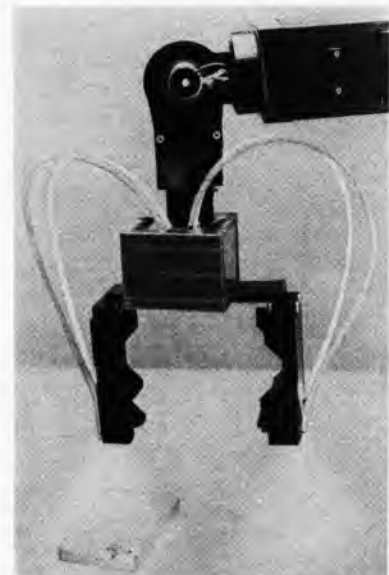
**Kibernetički automati.** Teorija kibernetičkih automata, tzv. kiborga (v. *Robotika*), proučava automate sposobne da uče i da od čovjeka putem riječi, pokreta ili bioelektričnih signala primaju naloge za svoj rad. Intenzivan rad na tom području počeo je s konstrukcijom poznatog Shannonova miša koji je pomoću fotočelije nakon mnogo lutanja i utrošenog vremena našao u labirintu izvor svjetla, ali je zapamtio pravi put i u sljedećem pokušaju bez lutanja došao do izvora svjetla. Razvoj se nastavio izgradnjom bioničkih proteza za upravljanje umjetnim rukama i nogama pomoću bioelektričnih napona (v. *Medicinski elektronički uređaji*), automatima koji čitaju tekstove, razvrstavaju poštanske pošiljke ili prevode, zatim alatnim strojevima koji se programiraju i vrše određene radne operacije prema neposredno izgovorenim čovjekovim naredbama, te masovnom proizvodnjom i upotrebom industrijskih robota za rad u proizvodnim linijama (sl. 8, 9 i 10). Takav nagli razvoj kibernetičkih robota koji se vrlo uspješno i ekonomično primjenjuju u industrijskoj proizvodnji omogućen je ne samo razvojem određenih teorijskih disciplina već i razvojem mikroročunala, malenih po dimenzijama i cijeni, ali velikih mogućnosti obradbe informacija. Uvo-

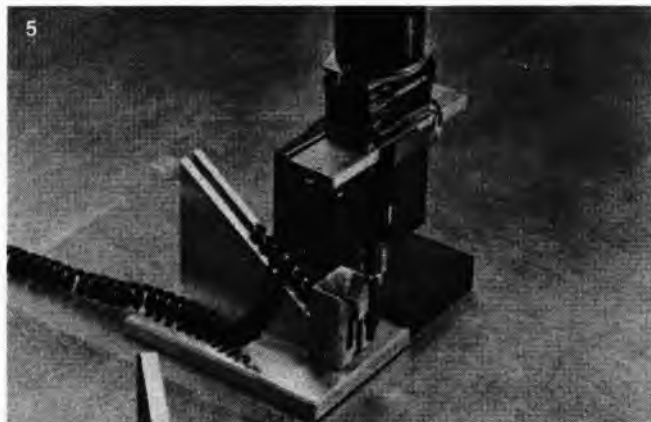
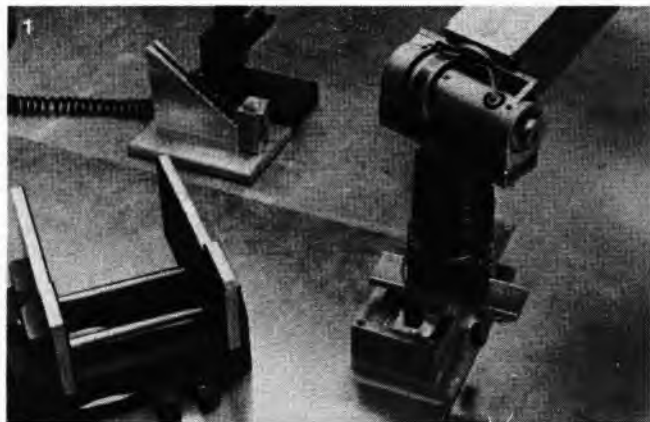


Sl. 8. Industrijski kibernetički robot. Programira se tako da se robotom prvi put ručno obavi radna operacija, koju robot zapamti s pomoću memorije dok je sklopka u položaju Učenje. Kad je sklopka u položaju Ponavljanje, robot sam ponavlja naučenu operaciju



Sl. 9. Kibernetički robot. Gore: izgled cijelog uređaja; dolje: detalj osjetilja kibernetičkog robota. Iz ticala izlazi infracrveno zračenje koje se nakon refleksije od predmeta optičkim vlaknima dovodi u procesor





Sl. 10. Radne faze kibernetičkog robota (Laboratorij za umjetnu inteligenciju Stanfordskog sveučilišta). 1 robot određuje položaj & lične kutije, 2 robot postavlja kutiju u škripac, 3 robot se vraća po poklopac, 4 robot postavlja poklopac na kutiju, 5 kutija je poklopljena, a robot uzima ključ i vijak, 6 robot pronalazi rupu na poklopcu kutije i u nju zavrće vijak, 7 uzima drugi vijak i zavrće ga, 8 nakon što su sva četiri vijka stegnuta, robot uzima kutiju i stavlja je na stol

denje mikroročunala u krugove povratne veze kibernetičkih automata omogućilo je provođenje mnogo složenijih strategija upravljanja i reguliranja nego što je to moguće kod regulacijskih krugova s jednostavnim krugovima povratne veze bez upotrebe računala. Takvi su roboti dobili sposobnost brzog odlučivanja, prilagođavanja, učenja, lake i brze promjene programa, te prilagodljivog djelovanja u promjenljivoj okolini. Ta su svojstva bitne značajke ljudske inteligencije, pa se stoga takvi tipovi kibernetičkih robota po svojim mogućnostima da objavljuju određene operacije približuju umjetnoj inteligenciji. Pri tome ima veliko praktično značenje sposobnost kibernetičkog robota da nauči određene operacije ne s pomoću programiranja na nekom od računskih ili strojnih jezika, već jednostavno tako da čovjek neposredno obavi željene radne operacije, a kibernetički robot ih zapamti i može ih, uz samostalno optimiranje, ponoviti.

Kibernetički informacijsko-sustavni pristup u tehnici daje tek svoje prve plodove, pa će dalji značajni rezultati biti postignuti većim razvojem teorije velikih sustava, teorije nelinearnih sustava, teorije stohastičkih sustava, teorije heurističkih sustava i obradbe informacije zasnovane na induktivnoj logici i polivalentnim logikama.

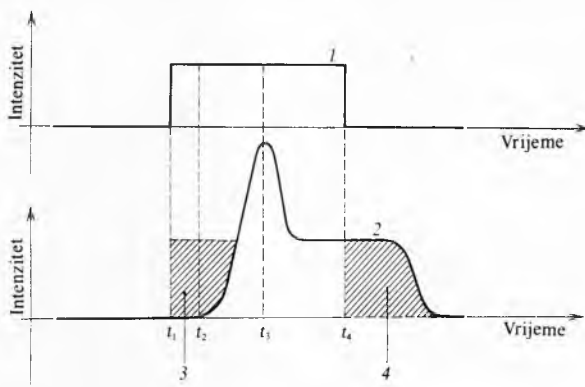
LIT.: N. Wiener, *Cybernetics or control and communication in the animal and the machine*. The Technology Press, Cambridge, Mass. 1948. — N. Wiener, *Kibernetika i društvo*. Nolit, Beograd 1964. — J. Neumann, *Theory of self reproducing automata*. University of Illinois Press, Urbana and London, 1966. — M. Minsky, *Finite and infinite machines*. Englewood Cliffs, New York 1967. — M. Arbib, *The metaphorical brain*. Wiley-Interscience, New York 1972. — В. Гуиков, *Энциклопедия кибернетики*. Главная редакция украинской советской энциклопедии, Киев 1975. — Е. Попов, В. Фришман, *Алгоритмические основы интеллектуальных работ искусственного интеллекта*. Наука, Москва 1976. — В. Гуиков, *Словарь по кибернетике*. Главная редакция украинской советской энциклопедии, Киев 1979.

B. Ostojić

**KINEMATOGRAFSKA TEHNIKA** (filmska tehnika), tehnika snimanja i reproduciranja fotografskog dijapozitiva radi postizanja privida (iluzije) gibanja u prostoru i vremenu. Naziv potječe od grč. *κίνημα* kinema *gibanje, kretanje*, i *γράφω* grafo *pišem*. Uz sliku se obično snima i reproducira zvuk radi potpunijeg privida događanja.

Kinematografska tehnika obuhvaća tri postupka: snimanje pomoću filmske kamere uz istodobnu registraciju zvuka, montažu filma kojom se snimljene scene povezuju u cjelinu na tzv. montažnom stolu, te *projiciranje* filmskim projektorom obično uz reprodukciju zvuka.

Tri su razdoblja u razvoju kinematografije. U prvom razdoblju (1824—1874) otkrivene su pojave koje su omogućile dalji razvoj. U drugom razdoblju (1874—1894) razvila se posebna fotografska disciplina, *kronofotografija*, fotografija u vremenu. To razdoblje završava izumom kinematografije braće Lumière na osnovama koje se do danas nisu promijenile. Treće razdoblje traje od 1894. god. do danas. U početku je karakteristično po naglom razvoju izražajnih sredstava filma, a kasnije po usavršavanju filmske



Sl. 1. Grafički prikaz svjetlosnog impulsa (1) i njegova vidnog osjeta (2). Svjetlosni osjet kasni poslije početka i poslije prestanka svjetlosnog impulsa, ali je njegovo pamćenje (4) dulje nego kašnjenje poslije početka impulsa (3)

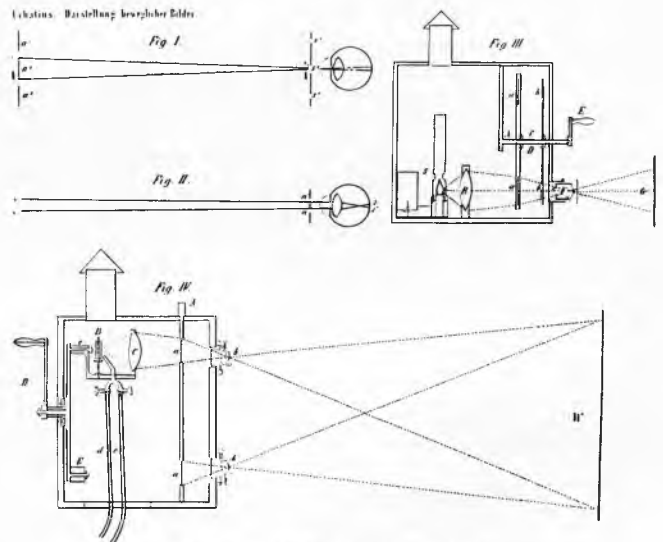
tehnike: zvučni film, film u boji, i novih postupaka projiciranja. Kasna faza razvoja usko je vezana s poviješću filmske umjetnosti i filmske industrije.

Prvi uređaj za projiciranje provodne slike (*laterna magica*) konstruirao je A. Kirchner (1601—1680). Na istom principu osnivaju se svi dijaprojektori, pa i filmski projektori.

U XIX stoljeću razvila se znanstvena psihologija i konstrukcija različitih uređaja, što je omogućilo mjerljiva opažanja koja su pospjela razvoj fizike i psihologije. Otkriveno je kako oko i živčani sustav mogu pogriješiti u interpretaciji podataka primljenih osjetilima. Tako je, među ostalim, otkrivena pojava privida gibanja. Engleski matematičar P. M. Roget primijetio je 1824. da paoci kotača, promatrani kroz uski prorez na zaslonu, izgledaju nepokretni, iako se kotač okreće. Iz toga je zaključio da percepcija kratkih svjetlosnih stimulusa *kasni* (sl. 1). Ta je pojava nazvana *perzistencija* ili *ustrajnost vida*. W. Herschel i M. Faraday također su se bavili sličnim istraživanjima.



Sl. 2. Uchatiusov projektor za projiciranje pokretnih slika



Sl. 3. Presjek Uchatiusova projektor

Uskoro su se pojavile igračke koje su spretno iskoristavale taj privid. Engleski liječnik J. A. Paris proizveo je 1825. igračku koju je nazvao *thaumatrope*. J. A. Plateau proizveo je *fenacistiskop*, a S. von Stampfer *stroboskop*. Austrijski oficir Franz Freiherr von Uchatius spojio je transparentni disk sa slikama i laternu magiku, kojom je projicirao slike na platno (sl. 2 i 3), a londonski tehničar L. S. Beale i optičar W. C. Hughes projicirali su (1884) serije slika u kratkim vremenskim razmacima. Tehnički najsavršenije rješenje našao je Francuz E. Raynaud, slikar i izumitelj, koji je svoju napravu nazvao *praksinoskop*. S usavršenim primjerkom svog stroja Raynaud je prikazivao rukom crtane slike (1892—1900). On je ujedno prvi koji je svoj izum komercijalno iskoristavao.

Iako su poslije 1830. fotografija i fotografski postupci bili uglavnom poznati, trebalo je proći više od 40 godina do pojave prve suhe želatinske ploče, koja će omogućiti snimanje uz dovoljno kratke ekspozicije, potrebne da bi se pokreti analizirali fotografskim sredstvima. Pojava prve takve ploče (J. Burger, 1873) privlačila sve više znanstvenike, koji slute da bi snimanje fotografija u pravilnim vremenskim razmacima (kronofotografija) moglo pomoći njihovim znanstvenim istraživanjima. Prvi koji je praktično primijenio kronofotografiju bio je P. Janssen, francuski astronom, koji je 1874. konstruirao fotografski revolver. Njime je snimao prolaz Venere ispred Sunca u seriji