

Szerves szintézisút tervezése mesterséges intelligenciával

BENEDEK PÁL*

E cikksorozat első közleményében [1] kifejtettem valamelyest azt a felismerést, hogy az utóbbi két évtizedben nemcsak a számítógépek, mint műszaki szerkezetek történetében figyelhető meg három egymástól minőségileg eltérő megoldás, három generáció; hanem a programozási megoldások történetében is. E három programozási generációt egyszerű programnak, programcsomagnak, illetőleg programrendszernek neveztem, és az idézett cikkeket egy ilyen Magyarországon készült vegyészmérnöki programrendszernek felemlítésével fejeztem be. Ez a SIMUL program-rendszer, amely bonyolult műveleti egységek matematikai szimulációjára szolgál [2]. Azóta az olvasó részletesebben is megismerkedett vele e cikksorozat előző két cikkében [3, 4].

A SIMUL-rendszer kritikája

Jelen közlemény érdemi mondanivalóit szeretném ott kezdeni, ahol a múltkorit befejeztem, vagyis a SIMUL programrendszerrel, pontosabban szólva ennek a kritikájával. A dolog jobb megértésére megismétlem a SIMUL-rendszer két alapvető fogalmát az 1. ábra segítségével. Ez a két fogalom az áramvektor és a box. Az áramvektor azoknak a mérőszámoknak a sorozata, amelyek valamely készülék valamely belépő vagy kilépő áramának termodinamikai állapotát egyértelműen leírják. A box viszont olyan program, amely arra képes, hogy egy készülék belépő áramvektoraiból a kilépő áramvektorait kiszámítsa. A SIMUL-rendszer adaptációs

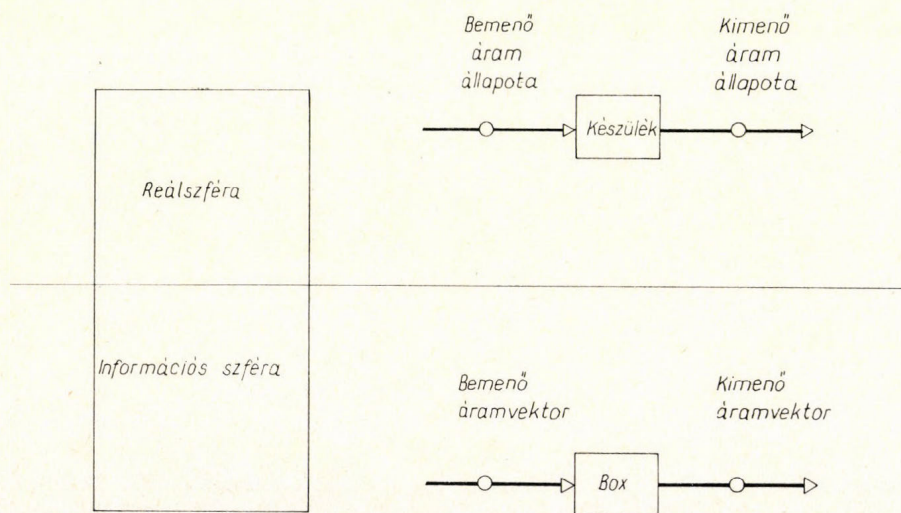
* Magyar Vegyipari Egyesülés Mérnöki Irodája, Budapest.

készsége, hogy ti. elvben tetszés szerinti bonyolult műveleti egység szimulációjára képes, abból származik, hogy az „építőköcka elven” alapszik. Az építőköcka elv nem azt jelenti, hogy mindent téglából építünk; használhatunk falazóblokkokat is: az épület a falazóblokkok vagyis boxok kombinációja lesz. Ilyen értelmű boxokból tevődik össze a SIMUL-rendszer, de nem egyszerűen úgy, mint valami program-gyűjtemény, hanem az a fontos, hogy egy alkalmas szervezőprogram segítségével a már kidolgozott boxokból összeállított tetszés szerinti hálózat számításának szervezését kényelmessé lehet tenni.

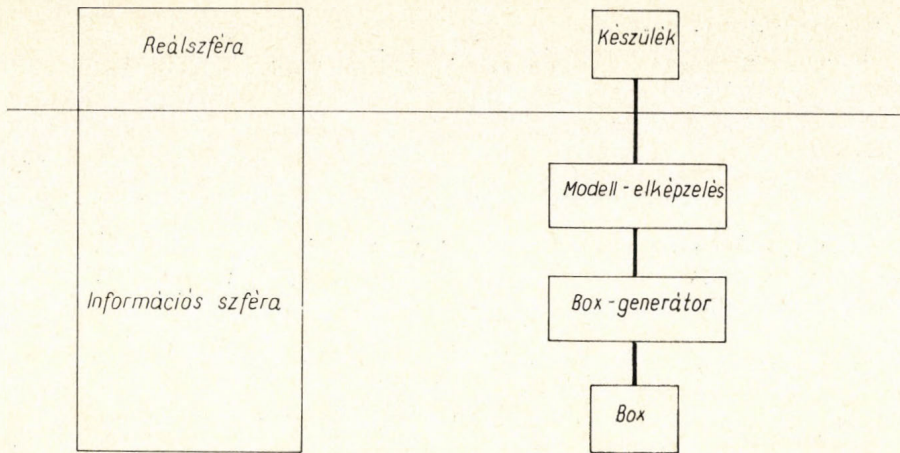
Amikor a SIMUL-rendszer előnyeit ecsetelem, a hangsúlyt az előző mondatban a *tetszés szerinti hálózatra* teszem. Amikor a SIMUL-rendszer gyakorlati kritikáját adom, az előző mondatban a hangsúlyt a *már kidolgozott boxokra* teszem át. Mert építkezni csak olyan építőköckékből vagy falazóblokkokból lehet, amilyenek vannak. Kézenfekvő tehát a megoldás, bővíteni kell a SIMUL-rendszerben a boxok számát, ha gyakorlati használhatóságát növelni akarjuk. Ez azonban a probléma drága és sok ketséget hagyó látszattmegoldása.

Van másik, szakmailag nehezebb, de értékesebb megoldás is. Ez a *programozott boxgenerálás*. Itt arról van szó, hogy olyan programot készítünk, amely készülék matematikai modelljére vonatkozó elképzeléseink leírása alapján elkészíti a megfelelő boxot, vagyis azt a programot, amely a szóbanforgó készülék belépő áramvektoraiból kilépő áramvektorait előállítja (2. ábra).

Azt hiszem, hogy nincs egyetlen általános, mindenre jó boxgenerátor, de máris van olyan generá-



1. ábra. A reálszféra leképezése az információs szférában



2. ábra. Az automatikus boxgenerálás vázlatja

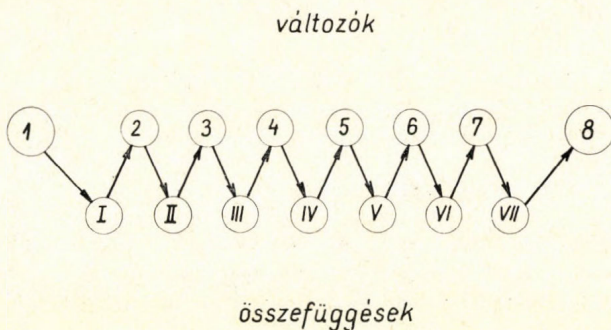
torunk, amely kitűnően működött egy sereg esetben, amikor a készülék modellje közönséges differenciál-egyenletrendszer. Azt hiszem továbbá, hogy a vegyipari műveletek egy elég nagy körét ilyen típusú matematikai modellel valóban le is lehet írni. E sorozat olvasói egyébként ismerik előző közleményeinkből [5, 6 és 7] a reakciókinetikai differenciál-egyenletrendszerrel kezelő REDI programunkat.

Nem minden vegyipari készülék olyan fennkölt, hogy matematikai modellje differenciálegyenlet legyen. Sőt kifejezetten szeretttük azt — ez a kézi számolás korszakából maradt ránk —, ha a belépő áramvektorból a kilépő áramvektort egymás után alkalmazott algebrai kifejezések segítségével tudtuk számítani, valahogy úgy, ahogy a 3. ábránk mutatja.

tervezett megfelelő sorrendben aktivizálódnak. Ezúttal is felvetődik a programozott boxgenerálás ötlete.

A feladat valahogy így szól:

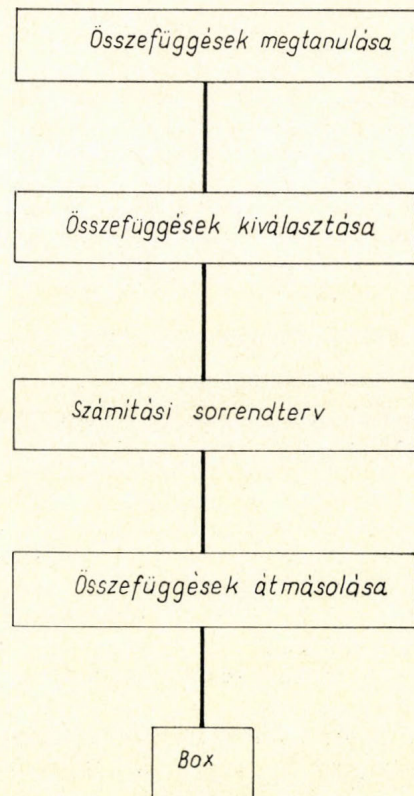
- gyűjtsük össze, tanuljuk meg (vagyis tároljuk) a technológiai változók közötti összefüggéseket,
- készítsünk logikai sorrendtervező algoritmust, amely előre megnevezett független változók-ból előre megnevezett függő változók számításához szükséges összefüggéseket kikeresi és számítástechnikailag helyes sorrendjüket megállapítja,
- a szükséges összefüggéseket a gyűjteményből átmásolja a boxba,



3. ábra. A klasszikus számításmenet vázlatja

Itt az 1—8. terjedő számok jelöljenek változókat, amelyek közül 1, az input áramvektor eleme, 8 pedig az output áramvektor eleme. Vagyis ez utóbbit az előbbiből akarjuk kiszámítani. mégpedig az I—VII összefüggések segítségével. Az ábrából nagyon jól látható, hogy a számolás akkor lehetséges, ha az összefüggések felhasználási sorrendje célszerű. Igaz ugyan, hogy a számítás során közbülső termékként előáll 2, 3, 4, 5, 6, 7 változó értéke is, amelyekre a végcél érdekében csak átmenetileg van szükség, de nagyon sokszor van az úgy az életben, hogy a végcélt csak lépésről lépésre lehet elérni.

A SIMUL-rendszerben most is vannak ilyen belső szerkezetű boxok, amelyeknek működését az biztosítja, hogy az alkalmas összefüggések előre meg-

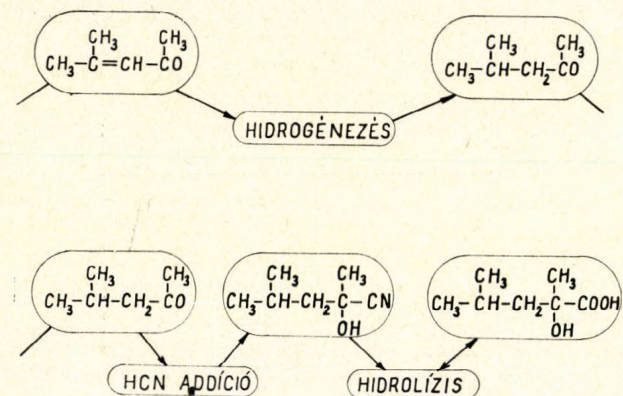
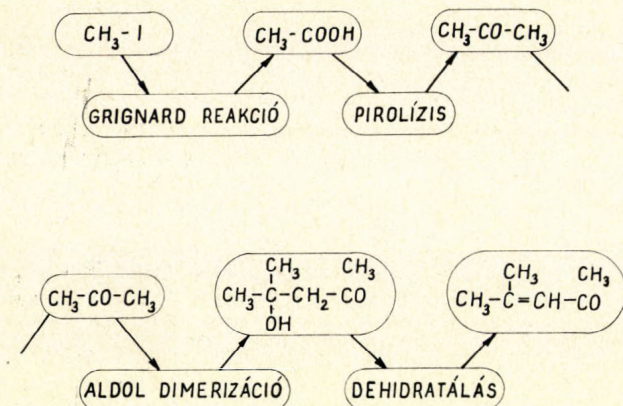


4. ábra. A klasszikus számításmeneten alapuló box generálása

és ezzel imé egy másik típusú boxgenerátor áll előttünk (4. ábra). Ilyen típusú feladatnak a megoldására *Olti F.* dolgozott ki a SIMUL-rendszerből független programcsomagot [10].

Szerves vegyületek szerkezetének leírása lineáris kóddal

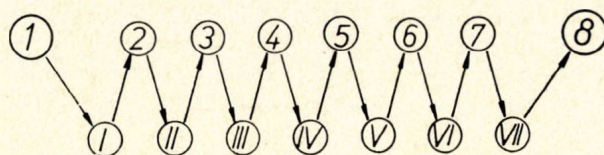
Tekintsük most a következő két ábrát, amelyeken valami, az eddigiektől teljesen eltérő új témáról van szó: a 2—4-dimetil-2-oxi-pentánsav totálszintéziséről (5. és 6. ábra).



Ha most elnevezem a szereplő vegyületeket arab és a szereplő reakciókat római számokkal, akkor az előbbi két ábra helyett a 7. ábrán bemutatotthoz jutunk. Ez az ábra valamelyest emlékeztet az imént tárgyalt boxtípus számítási folyamatábrájához, amelyről azt állítottuk, hogy programozottnan előállítható. Vagyis, hogy az összefüggések gyűjteményéből kikereshetők azok, amelyek — helyes sorrendben alkalmazva őket — az 1 input változóból a 8 output változó számítását lehetővé teszi.

Most meg arról van szó, hogy az 1 input anyagból, a metil-jodidból, a 8 output anyagot, a 8 végterméket, a 8 jelű 2—4-dimetil-2-oxi-pentánsavat alkalmas reakciók egymásutáni helyes sorrendben való alkalmazásával elő lehet állítani.

VEGYÜLETEK



REAKCIÓK

7. ábra. A szerves szintézis utat reprezentáló gráf

A kifejezések talán erősebben hasonlítanak a számítástechnikában használtakhoz, de valójában most már a szerveskémiaiában vagyunk és az a kérdés, *hogyan lehet adott szerkezetű szerves vegyülethez vezető szintézis utat megtervezni?*

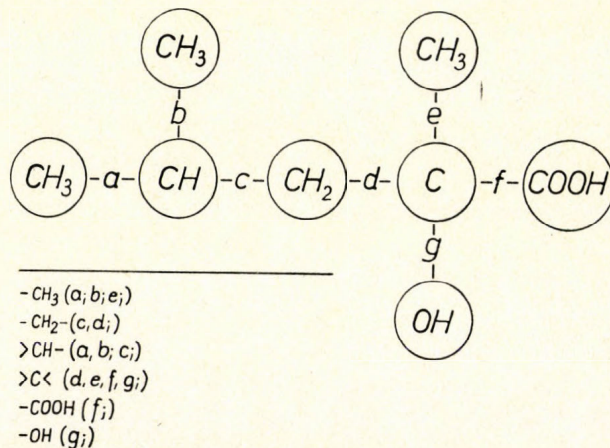
Erre a kérdésre megkíséreltek a számítástechnika segítségével is választ adni. *Corey* és társai a nagy tapasztalattal rendelkező preparatív szerves kémikusok észjárását programozták [8], míg *Ugi* és *Gillespie* inkább az elméleti szerves kémikus észjárását [9].

E csúnya kifejezés, hogy „beprogramozták” azt jelenti, hogy előzetesen megoldottak két problémát, amely azonnal jelentkezik, ha a számítástechnikát a szerves kémiában az adott értelemben alkalmazni akarjuk.

Az első kérdés az, hogy miképpen lehet valamely szerves vegyület szerkezetét egyértelműen és számítástechnikai igényeket kielégítő módon leírni. Ha ez sikerül, akkor esetleg sikerül szerveskémiai reakciókat is leírni.

A másik kérdés az, hogy miképpen lehet azt a bizonyos észjárását megfogalmazni az előbb már kidolgozott szerkezet, illetőleg reakcióleírási technikával.

Szeretnék feleletet adni erre a két kérdésre, mégpedig olyat, amelyik eltér a *Corey* és társai [8], másfelől az *Ugi* és *Gillespie* [9] feleletétől. Ez a felelet nem azért eltérő, mert kritikája akar lenni az idézett szerzők munkájának, hanem azért, mert mi a



- CH₃ (a, b; e;)
- CH₂- (c, d;)
- >CH- (a, b; c;)
- >C< (d, e, f, g;)
- COOH (f;)
- OH (g;)

preparatív szerves kémiában, illetőleg az elméleti szerves kémiában nem rendelkezünk nagy praxisal. Az a praxis, ami a mi feletünkben fogalmazódik meg, a kémiai technológiai objektumok számítástechnikai kezelése terén született meg.

Amikor az első kérdés kerül elénk, hogy ti. mi képpen írjuk le valamely szerves vegyület szerkezetét, akkor azt mondjuk, hogy úgy, ahogy egy kémiai technológiai hálózatot a SIMUL-rendszerben. Tehát most is az építőköcka elvet fogjuk használni. Ezúttal sem téglából (C, O, H, S) fogunk építkezni, hanem falazóblokkokból, mint például a 2—4-dimetil-2-oxi-pentánsav esetén (8. ábra).

A falazóblokk-féleségek száma jóval nagyobb, mint a téglaféleségek száma. Viszont ezekkel a nagyobb elemekkel kényelmesebben lehet a hálózatot, ahogy a szerves kémiában nevezik: a szerkezetet leírni. Ezeknek az elemeknek a megválasztásában szerepet játszott Erdős I. azon felismerése, hogy egy sereg termodinamikai tulajdonság éppen e csoportokra nézve additív. Így például a képződéshő, a képződési szabadentalpia, a molhő és még más tulajdonságok is [11].

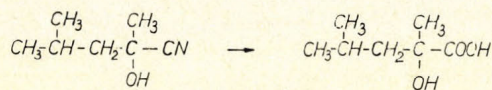
Mégis van hátránya ennek a leírásnak. Az ti., hogy még mindig túlságosan bonyolult akkor, ha az észjárásunkat akarjuk megfogalmazni vele. Ezért még egyszerűsítettük a leíráson elhagyván a gráfélek (vagyis a kötések) specifikálását és a leírásra csak a csoportok számát használva. Ez ugyan problémát okoz, amire még visszatérek majd, egyelőre nézzük, hogy írhatunk le most már kémiai reakciót.

Szerves reakciók leírása lineáris kóddal

Lássuk az ismertett szintézis út utolsó reakcióját (9. ábrán). Az ábrából látható, hogy a reakció leírására ugyanolyan számsort használunk, mint a vegyület leírására, s úgy állítjuk elő, hogy képezzük a kiinduló anyagot illetőleg a terméket leíró oszlopvektor különbségét. Ez az oszlopvektor írja le a reakciót.

Ugyanezt mutatja a következő ábra az utolsó előtti reakcióra (10. ábra).

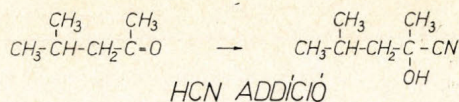
Ezekután kézenfekvő lesz a válasz a következő kérdésre: Hogyan kell 6 vegyületből 8 vegyületet előállítani. Úgy, hogy a 6 vektorhoz hozzáadjuk a reakcióvektorok azon lineáris kombinációját, amely 8 vektort állítja elő (11. ábra).



HIDROLÍZIS

-CH ₃	3	3
-CH ₂ -	1	1
>CH-	1	1
>C<	1	1
-CO-		
-COOH		⊖
-CN	1	⊖
-OH	1	1
-I		

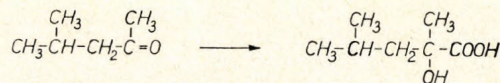
9. ábra. A hidrolízis reakció leírása lineáris kóddal



HCN ADDÍCIÓ

-CH ₃	3	3
-CH ₂ -	1	1
>CH-	1	1
>C<	⊕	1
-CO-	1	⊖
-COOH		
-CN		⊕
-OH		⊕
-I		

10. ábra. A HCN addíció leírása lineáris kóddal



-CH ₃	3	3
-CH ₂ -	1	1
>CH-	1	1
>C<	⊕	1
-CO-	⊕	⊖
-COOH		⊕
-CN	⊕	⊖
-OH	⊕	1
-I		

11. ábra. Reakciók kombinálása

A vegyületek és a reakciók efféle leírásának az a vonzó tulajdonsága van, hogy a lineáris algebra készen szolgáltatja azokat a műveleteket, amelyre szükségünk van a továbbiakban. Az adott esetben ilyen műveletek segítségével egy sereg megtanult reakcióból kiválasztottuk a mi célvegyületünk előállításához szükséges reakciókat. Két megoldást is bemutatunk (12. ábra).

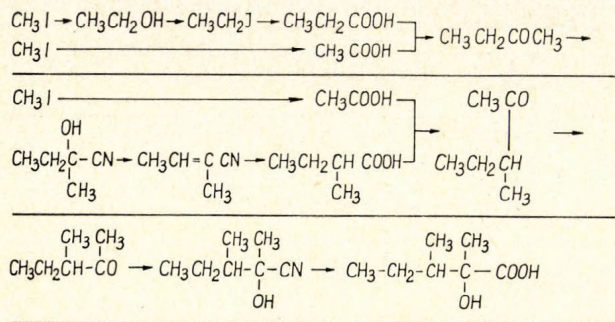
Miben különböznek ezek egymástól? Abban, hogy az első reprodukálja az ismert szintézisutat, a másik azonban nem. Ez egy más utat jelent, amelyet a következő 13. ábrán mutatunk be.

Rögtön látható, hogy ez nem a célvegyülethez, hanem izomerjéhez vezet.

Most láthatjuk milyen következményekkel jár, hogy a szerkezet szabatos leírásától lemondottunk. Az alkalmazott egyszerűsítés azt jelenti, hogy az

METILJODID	4	3
GRIGNARD REAKCIÓ CO ₂ -VEL	4	3
GRIGNARD REAKCIÓ FORMALDEHIDDEL		1
PIROLÍZIS	2	2
ALDOL DIMERIZÁCIÓ	1	
DEHIDRATÁLÁS	1	1
HIDROGÉNEZÉS	1	1
HCN ADDÍCIÓ	1	2
HIDROLÍZIS	1	2
HELYETTESÍTÉS		1

12. ábra. A célvegyülethez és a célvegyület izomerjéhez vezető reakció út



13. ábra. Reakciószekvencia

$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{COOH} \\ \quad \quad \quad \\ \text{a} \quad \text{b} \quad \text{c} \quad \text{d} \quad \text{e} \quad \text{f} \quad \text{g} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{C} - \text{COOH} \\ \quad \quad \quad \\ \text{a} \quad \text{b} \quad \text{c} \quad \text{d} \quad \text{e} \quad \text{f} \quad \text{g} \end{array} $
-CH ₃ (a; b; e; i) 3	-CH ₃ (a; c; e; i) 3
-CH ₂ - (c, d; i) 1	-CH ₂ - (a, b; i) 1
>CH- (a, b, c; i) 1	>CH- (b, c, d; i) 1
>C < (d, e, f, g; i) 1	>C < (d, e, f, g; i) 1
-COOH (f; i) 1	-COOH (f; i) 1
-OH (g; i) 1	-OH (g; i) 1

14. ábra. Izomer szerkezetek kódolása

izomerek nem különböztethetők meg egymástól (14. ábra).

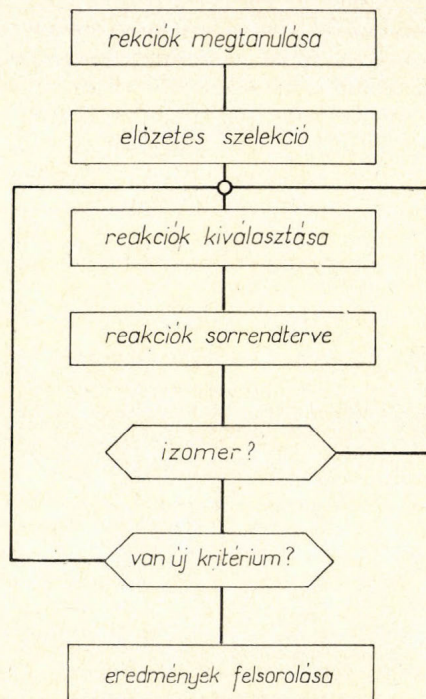
A felhasznált reakciók alkalmazásával eredményként kapott vegyületről kiderül, hogy a célvegyület vagy annak valamiféle izomerje állt elő, miután a felhasznált reakciók értelmes sorrendjét meghatározzuk.

Ha a célvegyület helyett az izomerjére jutottunk, akkor a felhasznált reakciók adott készletét nem tekinthetjük helyes megoldásnak, új megoldást keresünk. Ez észjárásunk lényege és ezzel választ adtunk az alapkérdésre.

A szerves szintézis út tervezésének stratégiája

Összefoglalva és kissé kiegészítve az eddig mondottakat, felvázolhatjuk egy adott szerkezetű szerves vegyülethez vezető szintézis út kereső programcsomag lényeges pontjait (15. ábra).

- Először megtanulunk, vagyis adatkezelésre alkalmas módon kódolunk és tárolunk reakciókat.
- Ebből a készletből egyszerű adatkezelési módokkal passzváljuk azokat a reakciókat, amelyek a megoldás szempontjából biztosan nem kellenek. (Pl. tipikusan aromás reakciók, ha alifás a célvegyület.)
- A megmaradt készletből a matematikai programozás technikájával kiválogatjuk azokat a reakciókat, amelyek szükségesek és elégségesek a célvegyület vagy izomerjének előállításához és kielégítenek valamiféle speciális kritériumot.
- A megoldásban szereplő reakciókat sorba rendezzük alkalmas technikával, és megvizsgáljuk, hogy a megoldás megfelelő-e, azaz nem izomerhez vezet-e?



15. ábra. Szerves szintézis út kereső mesterséges intelligencia blokkisméjája

— Ha érvényes megoldásra jutottunk, újra kezdhethetjük a feladat megoldását egy más speciális kritérium szerint és ezt mindaddig folytatjuk, ameddig van új kritérium.

További példákat mutat be a programcsomag használatára *Grosschmid P.* [12].

A munkastílus

Ezek a programgenerátorok és mesterséges intelligenciák, amelyekről szó volt, azzal jellemezhetők, hogy nem egyetlen problémamegoldó algoritmus szerepel bennük, hanem több egymás után, azért tudniillik, hogy egyre jobban szűkítsük a még számításba jövő megoldási lehetőségek körét. Itt valami olyasmiről van szó, mint háborúban egy ellenséges célpont elfoglalásakor. Más időpontban és eltérő feladatra van a légierőnek, a tüzérségnek, a harcokocsizóknak és a gyalogságnak, de mindegyiknek meg van a maga szerepe a célpont elfoglalásában.

Esetünkben a programrendszer első programja tanul, tárol, második programja a megtanult anyagból válogat, szortíroz. A harmadik program a matematikai programozásból ismert, míg az első kettő, számítástechnikai szempontból nagyon hasonlít ahhoz, amit vállalati és pénzügyi információrendszerekben adatkezelésnek hívnak. Ezek ismert módszerek és megoldások és működő, kész, kipróbált programok léteznek; nem a szerves vegyész dolga, hogy kitalálja azokat. Készen van, át kell venni egy újonnan készülő mesterséges intelligencia számára.

Ez egyszerismind példa is arra a bizonyos „harmadik generációs munkastílusra”, amelyről e cikksorozat első közleményében volt szó [1]. Ehhez mindenesetre az is hozzátartozik, hogy valamely

feladat megoldása során ne találjanak ki olyasmit, ami már ki van találva. Ezt meg is lehet tenni egy kellőképpen intelligens kollégákból álló, produktív alkotóműhelyben, ahol e munkastílus következtében olyan kollégák is részeseivé válnak egy mesterséges intelligenciát kidolgozó kollektívának, régebben és kifejezetten más célra írt programjaik révén, akik erről nem is tudnak.

Köszönetnyilvánítás

Én magam abban a szerencsés helyzetben vagyok, hogy egy ilyen alkotóműhelyben dolgozom, a Magyar Vegyipari Egyesülés Mérnöki Irodájában és ezért volt egyáltalán lehetőség arra, hogy mesterséges intelligenciák kidolgozására a kezdő, botladozó lépéseket megtegyük. Ezen a helyen fejezem ki köszönetemet valamennyi kollégámnak a hierarchikus szervezeti rendben elfoglalt helyüktől függetlenül, a szíves együttműködésért, akár tudtak erről, akár nem.

A modellgenerátorok és mesterséges intelligenciák terén más tudományos eredmények is születtek ebben a műhelyben, amelyek főképp vegyipari vállalatok információrendszerében használhatók. Ezekről mások és más szakmai környezetben fogunk beszámolni.

IRODALOM

- [1] *Benedek P.—Mezei M.*: Magyar Kémikusok Lapja. 28, 29 (1973).
- [2] *Almássy G. és mások*: Bonyolult műveleti egységek matematikai szimulációja. Akadémiai Kiadó. 1973.
- [3] *Benedek P.—Lázár J.—Szalai A.*: Magyar Kémikusok Lapja 29, 548 (1974).
- [4] *Benedek P.—Fekete A.—Lázár J.*: Magyar Kémikusok Lapja. 29, 636 (1974).
- [5] *Benedek P.—Váczai P.*: Magyar Kémikusok Lapja. 28, 623 (1973).

- [6] *Németh A.—Benedek P.—Váczai P.*: Magyar Kémikusok Lapja. 29, 100 (1974).
- [7] *Báizs G.—Benedek P.—Váczai P.*: Magyar Kémikusok Lapja. 29, 155 (1974).
- [8] *Corey E. I. és mások*: JACS. ... (1972).
- [9] *Ugi I.—Gillespie P.*: Angew. Chem. 83, 980 (1971).
- [10] *Olti F.*: Doktori Értekezés. Veszprémi Vegyipari Egyetem (1975).
- [11] *Erdős I.*: Szakdolgozat. ELTE TTK (1974).
- [12] *Grosschmid P.*: Szakdolgozat. ELTE TTK (1974).

РЕЗЮМЕ

Автор предлагает метод описания структуры органических соединений и их реакций: код для описания структуры обозначает вектор, содержащий определенное число элементов, а описание химической реакции является разницей векторов, описывающих участвующие в реакции химические компоненты. Линейная комбинация векторов, описывающих реакции используется в синтезе органических соединений, является разницей векторов, описывающих конечный и исходные продукты. Система программ, состоящая из программ для сбора и переработки данных, математического программирования, отыскания последовательности и проверки структуры является искусственной интеллигенцией при планировании хода органических синтезов.

SUMMARY

The author proposes a way of describing structure and reactions of organic molecules. The code describing the structure is a column vector containing a certain number of elements, the chemical reaction is the difference of the vectors representing the participating molecules.

The linear combination of vectors representing reactions for syntheses of organic molecules is equal to the difference between vectors of the target molecule and molecules of basic materials.

The system of programs consisting of programs dealing with storing and retrieving of data, doing the mathematical programming, searching the right sequence is the artificial intelligence for devising organic synthetic pathways.

Könyvismertetés

Nagy Iván: Desztillálóberendezések szabályozása Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1974. (260 oldal)

Találón tekintni a szerző — a könyv bevezetésében — művét a *Nyúl: Lepárlás és Gyökhegyi: Desztillálóberendezések* c. könyvekből álló sorozat folytatásának. A vegyész-mérnöki gyakorlat egyik legfontosabb és leggyakrabban előforduló műveletének, a lepárlásnak magyar szakirodalmi a desztillálóberendezések szabályozásáról szóló könyvvel lényeges fejezettel egészült ki.

A könyv *első fejezete* a könyv témájának elméleti alapjait villantja fel a desztillálóberendezések dinamikus viselkedésének ismertetésével. Nyilván nem a szerző, hanem a tématerület még nem eléggé kidolgozott állapota az oka annak, hogy a kapcsolatot az olvasó a következő fejezetekkel lazának érzi.

A *második és harmadik fejezet* témája a desztillálóoszlopok szabályozási alapkapcsolásai és a szakaszos üzemű desztillálóberendezés irányítása. Igényes és a gyakorlat szempontjait szem előtt tartó tárgyalásban ismerheti meg az olvasó a két-, három- és többtermékes desztillálóberendezések irányítási vázlatait, (a gyakorlat igényei szempontjából külön kiemeltem a szerkezeti felépítés és a kapcsolás hatása a szabályozásra című részfejezetet), érinti az optimalizáló irányítás szempontjait és külön részfejezetet szentel az elemzőműszeres irányításnak. Ugyanígy igényesen ismerteti a szakaszos üzemű desztillálás terhelés- és refluxszabályozását.

A mérnöki gyakorlattal való szoros kapcsolattartás a célja a könyv *negyedik fejezetének*, amelyben a desztillálóberendezések irányításának ipari alkalmazásaira (tulajdonképpen rendszerekre) kapunk példákat a gázipar, szerves alapanyag és műanyagipar, a kőolajfeldolgozás és petrokémiai ipar területéről. Az olvasó sajnálja, hogy a könyv terjedelme nem tette lehetővé több és konkrétabb esettanulmány ismertetését főleg a rendszertervezés újabb módszereiről és az ezzel kapcsolatos gyakorlati tapasztalatokról.

A gyakorlat igényeinek szemmel tartása tükröződik az *ötödik fejezet* megírásában is, amelyben a desztillálóberendezésekhez használt műszerekről ad rövid összefoglaló ismertetést a szerző. Korszzerű témát érint a *hatodik fejezetben*, amelyben a desztilláló berendezések számítógépes irányításának néhány főbb szempontját ismerteti.

Külön ki kell emelni a fejezetenként összeállított igényes irodalmi jegyzéket, amely lehetővé teszi egyes részletek további tanulmányozását. Hasznos a Függeléként közölt Szabályozástechnikai ABC és a Műszerezési tervjelek ismertetése. A könyv szép kiállítású és a gondos ábraanyag ugyancsak említést érdemel.

Örömmel kell üdvözölni, hogy a szerző a könyvből kizárta a többévtizedes szakmai ismereteit és tervezési gyakorlatából adódó tapasztalatait.

Németh András