

Nehézipari Műszaki Egyetem Ipargazdasági Tanszék

A technikai - tudományos forradalom hatása a dolgozó ember biokibernetikai egyensúlyára. Az elfáradás programcsomagja.

Szalai László

1. Bevezetés

Minden emberi munka valamilyen energia folyamatos felhasználásával jár, ezért az elfáradás a végzett munka mennyiségének mérőszáma lehet.

A technikai - tudományos fejlődés révén módosuló, változó, látszólag magasabb szintű technológia az elmaradó izommunka helyett nagyobb mennyiségű idegrendszeri terhelés belépését is megkövetelheti, mint amelyet a korszerűtlenebb technológia igényelt. Ezért a munkavégzés valóságos hatékonyságát - azt tehát, hogy a felhasznált biológiai energiákat az adott technológiai szint milyen mértékben sokszorozta - csak a munkavégzés alatt az emberi szervezetben felhasznált összes energia komplex elemzésével lehet meghatározni.

Munka alatt a továbbiakban természetesen az ember valamennyi olyan tudatos, célszerű tevékenységét értjük, amelyre a társadalom igényeinek kielégítése érdekében kerül sor. (Mezőgazdasági, ipari termelés, kereskedelmi, egészségügyi, művészeti szolgáltatások, stb.)

Az elfáradásnak, mint az aktuális munka mértékének meghatározásához, különösen számításához - hogy az pl. tervezésekhez is használható legyen - az elfáradás fogalmáról kell először szólnunk. Ezután meghatározzuk az elfáradás során ható - lehetőleg mérhető - paramétereket, megkíséreljük a szervezet várható állapotára jellemző mutatókat kiszámítani, végezetül - a bonyolult,

nagyobb tömegű kézi számítás elkerülésére - számítógépi ábrázolás lehetőségeit vizsgáljuk fel. Nem térünk ki azonban olyan, az elfáradásra ható jellemzőkre, amelyek nem az alkalmazott technológiától, munkavégzési módtól függnék (akarat, különböző mikroszociológiai paraméterek, stb.).

2. A fáradás és az elfáradás

Jelentősége miatt az emberi szervezet fáradását sokan, és sokféle módon vizsgálták. Az egyéb kutatások részeredményeit is figyelembe véve, egyértelműen Bartley meghatározását fogadjuk el, akinek álláspontját Etienne Grandjean úgy jellemezte, hogy "az elfáradás, tehát lényegében a szervezet vezérlésének dezorganizációja, amely végül az egyén valamennyi viselkedésének korlátozásához vezet." (4.sz. irod. 443. old.) Ezekkel a vizsgálatokkal gyakorlatilag azonos eredményekre jutottak V.I. Medgyev, Anohin, stb. a Szovjetunióban, illetve a hazai fáradtságkutatások is (Geréb György, Zétényi Elek, stb.), valamint ezt a felfogást igazolják - amint arról a későbbiekben röviden említést is teszünk - szerzőnek az NME Ipargazdaságtani Tanszéke laboratóriumában végzett mérései is.

Az elfáradást tehát, egyetértve a korán elhunyt Vaszkó Mihály megállapításaival (Vaszkó, 1970), úgy fogjuk fel, mint annak a jelét, hogy a központi idegrendszer már nem képes valamennyi, a szervezet működéséhez szükséges befutó (input) információt feldolgozni - illetve, amennyiben még feldolgozza, már nem képes valamennyi "vezérlő (output) jelet" a kellő szintű működést kiváltó erővel kibocsátani.

Ilyen módon a fáradás során a dolgozó ember szervezetében működő folyamatláncok, rendszerek, szervek összehangolt működésének rendje, összhangja változik.

A rendezettség felbomlása alapvetően azért következik be, mert valamelyik rendszeremben a salakanyagok felhalmozódnak, illetve az energiaforrások (pl. az ATP - ADP az izomban) kimerülnek. Így az adott elem a folyamatlánc fenntartásához szükséges reakcióképességét elveszti, és más elemtől kapott input jelre eltérő, a rendszerbe nem illő output jellel válaszol. Neumann János szerint egy-egy idegpálya elem nagy bizonytalansága mellett a

szervezetben ilyen viselkedéstorzulás gyakran előfordulhat. A központi idegrendszer állandó ellenőrző és végrehajtó, szabályozó tevékenysége, és többször visszacsatolt rendszerei, valamint egy-egy pont többszörös idegrendszeri vezérlése - amely utóbbira jó példa a szegmentális beidegzés, amikor egy-egy dermatoma vezérlése több gerinc-szegmentumhoz egyszerre kapcsolódik - mindaddig biztosítják a rendszerbe illő viselkedést, amíg a központi idegrendszer az egyensúly folyamatos helyreállítására képes.

Az elfáradás fentiekben röviden jellemzett felfogása biztosítja, hogy eltérő biológiai energiák felhasználása esetén is az elfáradás mértékére olyan mérőszámot lehessen kialakítani, amely számítható- és mérhető paraméterekkel rendelkezik. Az ilyen mérőszám a szervezet rendezettségének mértékére mutat rá.

3. A munkavégzés változása

Annak ellenére, hogy a munka fogalma a tudat kialakulásától nem választható el, a dolgozó ember munka alatti terhelése hosszú ideig eléggé jó közelítéssel volt meghatározható az izommunka mérésével. A kialakított szerszámok, sőt, még az első gépek is csupán az izommunka hatásfokának javítására szolgáltak.

A technikai fejlődéssel, elsősorban a XX. században, a dolgozó ember szempontjából az alábbi változások a jellemzőek:

a.) a gyorsan növekedő szükségletek- és még gyorsabban növekedő igények kielégítése érdekében a technológiai láncok hatékonysága és a minimális emberi munkaerő lekötése egyre nagyobb jelentőségű,

b.) az előzőek miatt minden, korábban nagy izommunkát igénylő emberi tevékenységet, munkát gépesíteni szükséges,

c.) a gépesített munkafolyamatok nagyobb termelékenységé és ritmusa a vezérlő- és automatika elemek rendkívül nagy számát követelik meg,

d.) a vezérlés szabályozó rendszerekkel (vagy elemekkel, illetve "szervekkel") kapcsolódott össze,

e.) a tényleges munkavégzés egyre több munkaterületen eszközök funkciója, az ember feladata pedig ezeknek az eszközöknek az irányítása.

Napjainkban az ilyen munkahelyek egyre jellemzőbbek, hiszen az esztergályostól a gépkocsivezetőig, a gépkönyvelőtől a röntgenasszisztensig ilyen munkahelyekről kell beszélnünk.

f.) Kialakultak olyan munkahelyek is, ahol egyetlen téves cselekmény (tévcselekmény) vagy rendkívül nagy anyagi károkat okozhat, ÉS/VAGY több - esetenként több száz vagy ezer - ember életét veszélyeztetheti. Ezekben az ún. "nagy hatású munkahelyeken" a szervezet dezorganizációja még a tévcselekmények 1-2 %-os valószínűségét elérő mértékben sem engedhető meg. (Ilyenek pl. a villamos mozdonyvezetők, bányák aknaszállító gépezelői, transzformátor állomások telepkezelői, kohászatban hengsorkormányosok, stb., stb.),

g.) a tévcselekmények részbeni kiküszöbölésére a reflexláncsorok tisztán logikai lépéseken keresztül megoldható összekötése "gépesítésére" kidolgozták, és egyre szélesebb körben alkalmazzák a számítógépekkel vezérelt technológiai láncokat, ahol az ember szerepe a nem algoritmizálható, alkotó jellegű tevékenységek és terhelések felé tolódik el (AIR = Automatizált Irányítási Rendszer).

Az ipari forradalom, majd ezt követően a technikai-tudományos forradalom tehát folyamatosan arra vezetett, hogy az emberi munka során - szinte minden technológiai láncnál - egyre csökken az izommunka jelentősége, ma még jelentősen növekszik a begyakorolt reflexláncok (az emberi szervezetben kialakult "szubrutin"-ok, ún. dinamikus stereotípek) szerepe. De már technikailag lehetségesek, sőt, esetenként meg is valósulnak olyan rendszerek, ahol a dolgozó ember kifejezett mentális, alkotó-emberi tevékenysége válik döntő súlyúvá.

Napjainkban tehát a munka egyre kevésbé bírálható el csupán az izommunka mértékének ismeretében, a szervezet (gyakorlat-

ban általában oxigén) anyagcserefolyamatai mérésével, vagy számításával. Az automatika-elemekkel, különösen a számítógépekkel komplexen vezérelt technológiák megjelenésével az embernek a munka során betöltött szerepe alapvetően, és gyakorlatilag egyetlen nemzedéken belül változik meg.

4. Modellalkotás

A munkát végző dolgozó ember szervezetében az alábbi, önszabályozó, öntanuló rendszercsoportokat különböztethetjük meg:

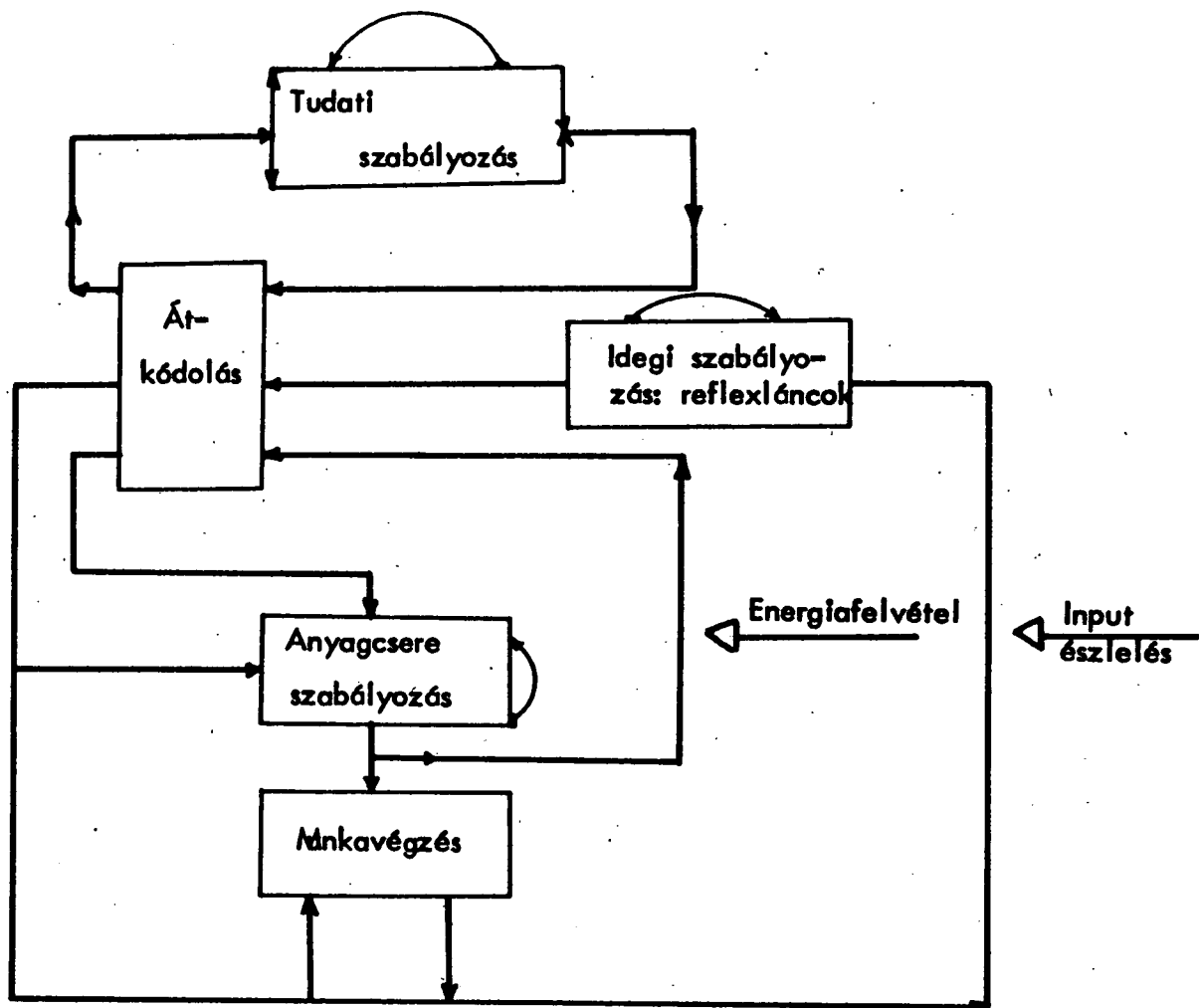
a.) Anyagcsere-rendszercsoport, amely a munkavégzéshez szükséges izommunka, mechanikai energia biztosítására szolgál. (Izommunka.)

b.) Az idegrendszer automatikus működésének rendszercsoportja. A dinamikus stereotípeknek és reflexláncoknak ez a sorozata az ember és a környezet állandó kölcsönhatása révén kialakult olyan aktivitásokat fogja át, amelyre tudatosan a dolgozók általában nem figyelnek. Részletesebben pl. az "egyenes járás" algoritmusát, amint az ismeretes, Anohin vizsgálta e sorozatok közül, kialakította a "szakadék-járási" elméletét. (Neurológiai munka.)

c.) A tudatos, alkotó emberi tevékenység, amelyre a tudat igénybevétele, a célra-orientált cselekvések és a gondolkodás egysége jellemző. (Pszichológiai, vagy mentális munka.)

A fentiek szerint feltételezett rendszercsoportokat - egyszerűsítve - az 1. ábra szerint vázolhatjuk fel.

A szervezet háromféle regulációs rendszercsoportja - hiszen valamennyi több, önszabályozó és szabályozott rendszert ölel fel - egymással is szoros, többszörös kapcsolatban van. Sok más felosztása is lehetséges volna az emberi szervezetben működő rendszereknek. Tárgyi, elmondott felosztást gyakorlati okokból célszerű bevezetni, megkülönböztetve így az "energetikai", "neurológiai" és "pszichikai-metális" terheléseket.



1. ábra

A dolgozó ember szervezetének (a modellben feltételezett) alapvető szabályozott rendszercsoportjai

Ezek a gyakorlati okok kétféle módon indokolhatók:

Egyrészt ez a felosztás a rendelkezésre álló ergonómiai mérési lehetőségek, mérési metodikák egyértelműbb megközelítését teszi lehetővé.

Másrészt lehetőséget nyújt a munka eszközei, a munka tárgya, a munkakörnyezet, és a munka folyamata részletesebb elemzésére, tehát szervezési szempontból is célravezető.

Célként tekintjük, hogy az elfáradás várható mértékét az adott technológia megvalósítása, adott gép üzembeállítása előtt számolni lehessen, a szükséges technológiai módosításokat akár a munka eszközén, akár a munka folyamatláncában méretezni és tervezni tudjuk.

A gyakorlatban természetesen "abszolút tiszta" izommunka éppen úgy nincsen, mint "abszolút tiszta" szellemi-, vagy idegrendszeri terhelés. A lapátolás - már F.W.Taylor által is vizsgált - munkafolyamata alatt is kell figyelni, a felrakandó halmot, a felrakás helyét, a munkahely környezetének változását. A szakirodalom is sokat foglalkozik a tudat- és az izomfeszültség közötti összefüggésekkel. Woodworth és Schlosberg (1966) - hivatkozva Jacobson és Max kísérleteire - megállapítják, hogy a tudat közeli kapcsolatban áll az izomműködéssel. Egyéb kísérletekre hivatkozva, mások hasonló összefüggést ismertetnek vizuális feladatok kapcsán is.

Valamennyi terhelésre azonban megváltozik az emberi szervezet rendezettségének állapota. Ez a változás az egyes szervek, elemek állapotának belső ellenőrzésére folyamatosan kibocsátott - illetve azok állapotáról folyamatosan "visszajelentő" jelek módosulása révén érzékelhető.

Az elfáradás meghatározott mértéke - közismerten - az EEG alfa-hullámaiban azonos változásokat okoz "szellemi-" vagy "fizikai" munkavégzés után. Az ujjtremor oszcilloszkóp- képernyőjén vizsgált, vagy filmfelvétellel regisztrált görbéi ugyancsak azonos módon torzultak - saját méréseink szerint. Említésre érdemes, hogy fáradt állapotban az egyensúlyérzékelés romlása, vala-

mint a perifériális látótér határainak beszűkülése - az eddig rendelkezésre álló mérési adatok szerint - ugyancsak függetlenek attól, hogy a szervezet milyen irányu terhelése volt szükséges a munkavégzéshez. Etienne Grandjean és Ryan vizsgálatai szerint az analizátorok differenciálási képességei is - a megelőző terhelések jellegétől függetlenül - csupán az elfáradás mértékétől függenek.

A munkavégzés energetikai igénybevételének nagysága számszerűen is relative jól mérhető (pl. a respirációs quotiens meghatározásával), vagy könnyebben számíthatók a rendelkezésre álló táblázatok alapján. Ezért meghatározott munkakalóriával azonos változásokat okozó fáradtságszinteket volt célszerű meghatározni.

Erre az "egyenértékű kalória" fogalmának bevezetése nyújtott lehetőséget.

Egy adott időtartamu munkavégzés elfáradás-szintjének mértéke akkor egy egyenértékű kalória ("ekal"), ha a szervezet éppen olyan dezorganizációjával jár, mint azonos időtartamu egy kalória izommunka.

A munkavégzés alatt bekövetkező elfáradást - amennyiben a környezeti tényezőktől eltekintünk - a szervezet izommunkája (energetikai munka: E), neurológiai munkája (N) és pszichikai-mentális munkája (P) együttesen okozza.

A modellben kialakított rendszercsoportokra vonatkozóan P.K. Anohin, M.E. Miller és mások kutatásaiból ismeretes, hogy azok különböző szerveken, elemeken keresztül eltérő módon (pl. kémiai-, villamos-, neurohumorális-, stb. energiákkal) megoldott regulációt valósítanak meg. Ezért az emberi szervezetet eltérő irányban terhelik.

Az eltérő irányu terheléseket jelöljük eltérő irányu vektorokkal. Ekkor egy adott munkaelem terhelését három vektorral jellemezhetjük:

$$\vec{R} = \vec{E} + \vec{N} + \vec{P}$$

ahol $|\vec{R}|$ (tehát az eredő vektor abszolút értéke) az elfáradás mértékét, iránya az elfáradás milyenségét jelzi.

Ez a modell természetesen nem azt állítja, hogy a szervezet rendezettségének állapota vektorokkal leírható. A vektorokat csak közelítő modellként alkalmazzuk, céljaink érdekében.

Egy adott technológia során - pl. a gépiparban egy forgácsolás, a bányászatban egy fejtési ciklus, vagy egy műtét ideje alatt - a dolgozót terhelő elfáradás-elemek a technológia $1, 2, 3, \dots, i, \dots, n$ munkaeleméhez szükséges $t_1, t_2, t_3, \dots, t_i, \dots, t_n$ idő alatt a

$$\begin{array}{cccc} t_1 & \vec{E}_1 & \vec{N}_1 & \vec{P}_1 \\ t_2 & \vec{E}_2 & \vec{N}_2 & \vec{P}_2 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ t_i & \vec{E}_i & \vec{N}_i & \vec{P}_i \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ t_n & \vec{E}_n & \vec{N}_n & \vec{P}_n \end{array}$$

adatsorokkal (adatmondatokkal) írhatók le. Az i -edik elem elfáradására

$$\vec{R}_i = \frac{\sum_{i=1}^i t_i (\vec{E}_i + \vec{N}_i + \vec{P}_i)}{\sum_{i=1}^i t_i} \quad \text{ekal/min}$$

érték lesz jellemző.

A környezeti tényezők (zaj, klíma, világítás, stb.) az emberi szervezet feltételezett rendszercsoportjaira eltérő módon hatnak. Az élettani hatásnak megfelelő komponens hosszát növelő

faktorokkal vesszük az egyes környezeti tényezőket figyelembe. Megkülönböztetünk a dolgozó ember energetikai igénybevételére (f_E), idegrendszerére (f_N), valamint mind az energetikai, mind az idegrendszeri terhelésekre ható tényezőket (f_P). A pszichikai jellegű hatások - fokozott veszélytudat, felelősség, stb. - az idegrendszert fokozottan veszik igénybe. Ezen túlmenően az érzékszervek analizátor-apparátusának fokozott igénybevétele köztudottan a mentális, pszichikai teljesítőképességet is befolyásolja.

A környezeti tényezők nagyságát konkrét, munkahelyen mért értékek alapján várható teljesítménycsökkenés adataiból ismerjük. Nyilvánvaló, hogy a teljesítménycsökkenés már jóval az egészségügyi károsodás szintje előtt várható, és így az adott munkaelem hatékonyságát gátolja.

A kialakított modell nagy hátránya, hogy rendkívül sok számítást igényel, még abban az esetben is, ha már valamennyi munkaelem alapvető terhelés-vektorai - mérésekből vagy táblázatokból - ismeretesek. Ezért az adatok elemzéséhez programcsomag kidolgozása vált szükségessé.

5. Az elfáradás programcsomagja alapelvei

A kialakítandó programcsomag szervezése során az alábbi alapvető követelményeket határoztuk meg:

- a programcsomag legyen kellő mértékben általános,
- a szocialista országokban nagyobb módosítás nélkül alkalmazható legyen, ezért a legkisebb és legnagyobb ESZR-konfiguráció mellett (R-10, illetve R-50) is használható legyen,
- nagy tömegű adatok és kellő számítógépkapacitás esetén az egyes munkaelemekre jellemző adatmondatok háttérmemóriába az értékeléstől időben függetlenül is bevihetőek legyenek,
- különböző technológiák különféle munkahelyeken - eltérő körülmények között - lehetséges alkalmazása értékelhető legyen (munkahely kiválasztás),

- az alkalmazott számítógép egyéb jellegű software-rendszere (optimalizáló programcsomagok, termelés és terheléselosztások programjai, stb.) számára a tárgyi programcsomag output adatai (input adatokként) használhatóak legyenek,
- a programcsomag tehát a munka- és üzemszervezés lehető legszélesebb körében hasznosítható legyen.

A követelmény-rendszer sok esetben egymásnak is ellentmondó igényeket támaszt. Ezért:

a.) A programcsomag, több, önálló - a teljes programcsomag alkalmazásakor szubrutinként használandó programból áll.

b.) A munkavégzés elemeit - a teljes technológiai láncig - több hierarchikus szintre (mozdulat, mozdulatcsoport, művelet... .. munkafolyamatcsoport, stb.) kell bontani, és a szintek közötti átlépést a programcsomagon belül szükséges biztosítani.

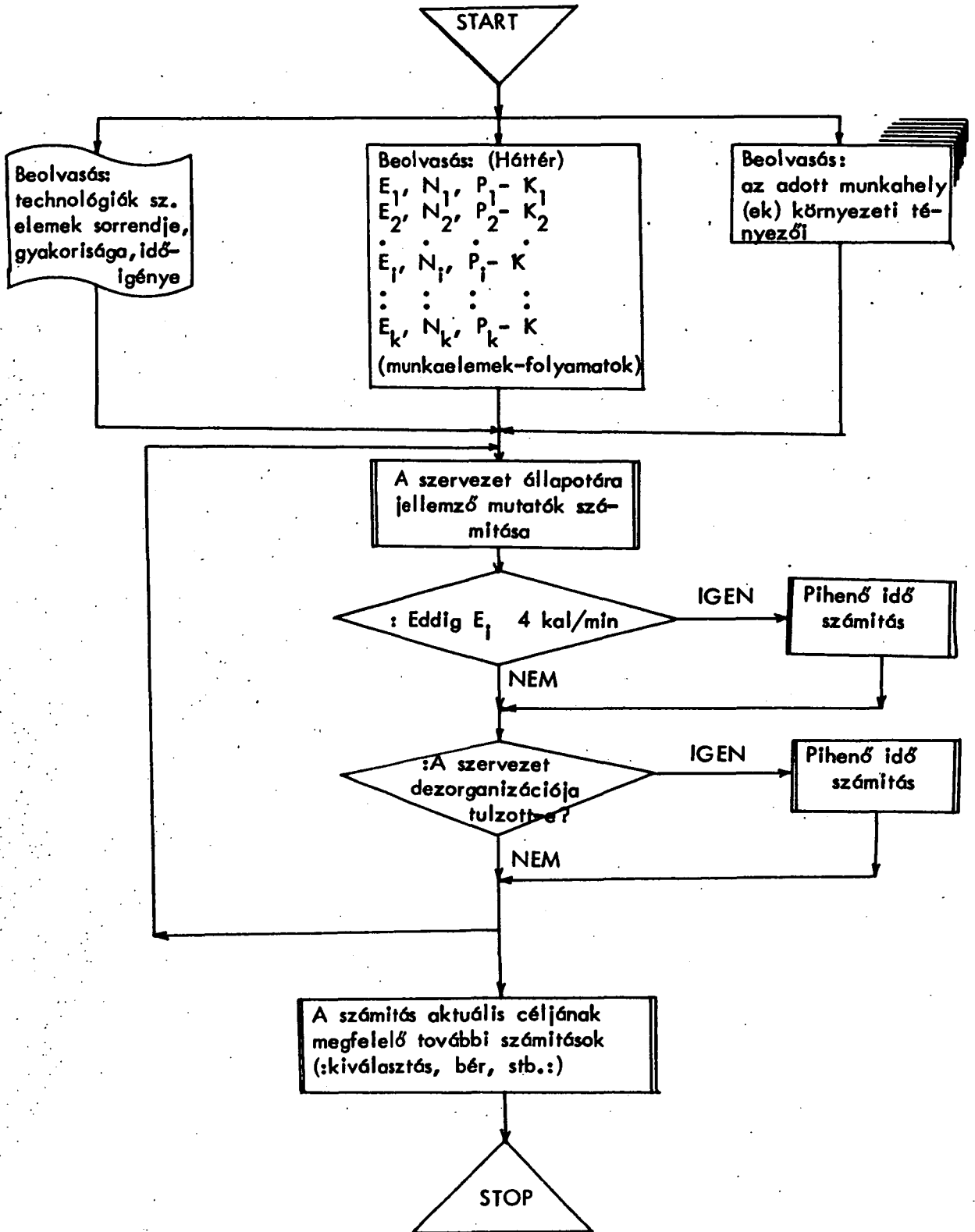
c.) A programcsomag adatfeldolgozó, optimalizációs, balesetvédelmi és más alrendszereit, valamennyi követelmény figyelembevételével, de különállóan kell kidolgozni, miután azok szervezése, kialakítása eltérő képzettséget, szaktudást igényel.

A programcsomag elvi felépítését ábrán mutatjuk be. (2. ábra.)

6. A programcsomag kidolgozása

A programcsomag adatfeldolgozó alrendszerét a Neumann János Számítógéptudományi Társaság Borsod megyei Szervezete munkabizottsága keretein belül dr. Szalainé Baka Erzsébet és Szakács Mária dolgozták ki. Annak programozása, a kidolgozás során megvizsgált ESZR hardware-adottságok figyelembevételével, FORTRAN IV. nyelven azonban csak részben oldódott meg még.

Ezzel egyidőben, ugyancsak a fenti munkabizottságon belül, Sárközi László okl. gépészmérnök kidolgozta az alapvető modell számításához - az elfáradás-vektor megállapításához - szükséges programot.



A PROGRAMCSOMAG ALAPELVE

A NME Ipargazdaságtani Tanszékén - ahol a modell alap kutatásai folynak - a kialakított metodikát részben kézi, részben gépi számítással bányászati, gumiipari, gépipari jellegű technológiák, valamint kifejezetten laboratóriumi "elméleti technológiai láncok" elfáradósszintjének meghatározására alkalmaztuk. Minden esetben mérésekkel is ellenőriztük a dezorganizáció kialakult mértékét. A számított és a mért értékek között az eltérés a megengedhetőnek feltételezett határokon belül maradt.

7. További feladatok

A szocialista vállalatoknak, közigazgatási- és szolgáltatási szervezeteknek alapvető feladata, hogy a munka hatékonyságát dolgozók kisebb elfáradása mellett fokozzák. Ezért a programcsomag elveinek az ilyen szempontok nélkül kialakult munkaszervezési metodikákhoz, módszerekhez (MTM, BPM, ciklogram-elemzések, stb.) való illesztése szükségszerű.

A programcsomag valamennyi (adattfeldolgozó és optimalizáló) alrendszerének számítógépre programozása, valamint tesztelése után a költségmutatókkal nehezen elbírálható technológiák (pl. hasznos ásványvagyron kutatása, gyógyító technológiák, stb.) elbírálására, fejlesztési alternatívák közül a megvalósítandó javaslatok kialakítására is szükséges felhasználni.

Ezen túlmenően a programcsomag lehetőséget nyújt igazságosabb személyi bérek kialakítására is.

Összefoglalás

A szocialista vállalatoknak, szervezeteknek hatékonyságukat saját dolgozók minél kisebb elfáradásával kell biztosítaniuk.

Ennek a célnak elérésére az emberi szervezet rendszereinek számítógépen belül történt ábrázolása - amikor tehát egy természetes szervezet állapotváltozását egy kreatív, mesterséges eszközön belül tükrözzük vissza - az eddigi mérések és számítások szerint kellő módon alkalmas.

Irodalom

- (1) Went István : Élettan. Medicina, Budapest, 1962.
- (2) Vaszkó Mihály : Munkalélektan. Tankönyvkiadó, Bp, 1970.
- (3) Dr.Susánszky János : A vállalati szervezés módszertana.
BME Továbbképző Intézete, 4856. sz. Bp, 1972.
- (4) Handbuch der gesamten Arbeitsmedizin. I.Band. Urban und
Schwazenberg, Berlin-München-Wien, 1961.
- (5) Szalai L.: A dolgozók terhelésének összehasonlítása a külön-
böző technológiájú frontfejtésekben. BKL Bányászat 1972.
évi 4. sz. és NME Ipargazdaságtani Tanszék Közleményei
51. sz.
- (6) Neumann János : Számológép és az agy. Gondolat, Bp., 1972.
- (7) Woodworth R.S., H. Schlosberg: Kísérleti pszichológia. Akadé-
miai Kiadó, Bp., 1966.
- (8) Láng Sándor : Munka és elfáradás. Medicina, Bp., 1965.
- (9) Vilhovcsenko E.D.: "Human Relations" Kossuth K. Bp., 1974.
- (10) "Ergonomia" c. folyóirat cikkei.
- (11) NME Matematikai-, Bányaműveléstani és Ipargazdaságtani Tan-
székei jegyzetei.