

JATE Kibernetikai Laboratórium

Egy cognitiv ember-gép rendszer felépítésének lehetőségei
az emberi reakcióidő-magatartás modelljének alapján

Hantos Zoltán, Madarász István, Dombi József és Kovács Anna

A megelőző előadásban vázoltuk a reakcióidő-görbéknek, mint valamilyen magatartási jelenség termékeinek általunk javasolt elemzési elveit, szempontjait. Ezekről összefoglalóan még annyit, hogy a megközelítést igyekezünk a jelenség természetének megfelelően végrehajtani, azaz a jelenséget időbeliségében vizsgálni. Ez egyrészt rövid szekvenciák, individuális "patternek" keresését és analizálását, másrészt a válaszok karakterének hosszutávú, a teszt egészére kiterjedő vizsgálatát jelenti.

A reakcióidők sorozataiból tehát kiemelkednek rövidebb-hosszabb szakaszok, amelyeket válasz-patterneknek nevezünk és amelyek magyarázatára kielégítőnek tűnő hipotézisekkel rendelkezünk. Találunk továbbá olyan szakaszokat (esetleg szinguláris értékeket), melyek megítélésében már jóval nagyobb a bizonytalanság, mivel ezeket hipotetikus mechanizmusaink többféle, egymásnak esetleg ellentmondó kollaborációi is eredményezhetik. A megmaradt részek pedig olyanok, hogy a pusztán szemmel történő vizsgálódás alapján inkább sztochasztikus jelenségnek, azaz a figyelmen kívül hagyott - vagy éppenséggel nem is sejtett - mechanizmusok hatásának eredőjeként létrejött "zajnak" tekinthetők.

Kétféle igény körvonalazódik: az egyik az elemzés további finomítása, az elemzés alapjául szolgáló gondolati modell tökéletesebbé és elkerülhetetlen realizálása útján, a másik pedig olyan tesztstruktúrák alkalmazása, melyek a válaszokban nagyobb informatív, azaz a RI-magatartásra jobban jellemző szakaszokat indukálnak. A probléma itt tehát a helyes ingerlés megtalálása, amely analóg a technikai rendszerek analizálásában megfogalmazódó alapproblémával: a rendszer megismerésére, identifikációjára legalkalmasabb gerjesztő függvény megtalálásával.

A "hatásos" stimulus-struktúra azonban egyénenként eltérőnek bizonyult. Viszonylag informatív jellegűnek tartott tesztek alkalmazásánál is gyakran előfordult, hogy egyes vizsgált személyek döbbenetesen nem-informatív, jellegtelen válaszokat produkáltak, míg ugyan-

azon személyek egy másik tesztstruktúrára adott válaszaiból az előzőeknél hiába keresett magatartási jegyeiket készséggel felmutatták.

Az "univerzálisan" alkalmazható teszt így több teszt egymásután történő alkalmazásával kétségek nélkül létrehozható lenne. Ez azonban a vizsgálati idő irreális megnyulását, s ezáltal a kísérleti személyek kényserűségéből állandónak, változatlanul feltételezett állapotának megváltozását vonná maga után.

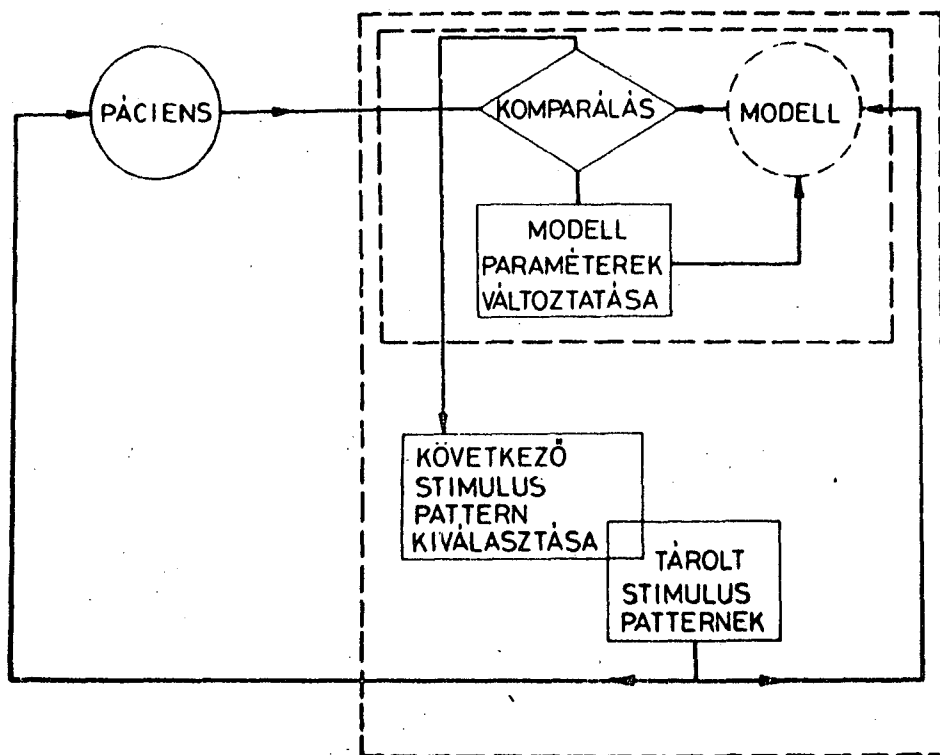
A tesztek rövidítése a jellegtelen válaszokat kiváltó részek kihagyásával természetesen megoldható. Ez azonban megköveteli a válaszok gyors, szinte szimultán analizisét, amely humán diagnosztika számára lehetetlen.

A következőkben megkíséreljük felvázolni egy olyan ember-gép kapcsolat elvét, amely az előzőekben említett problémákra megoldást eredményezhet. Ezen ember-gép rendszert először is az jellemzi, hogy szervesen beilleszkedik az általános értelemben vett megismerő rendszerek evolúciós sorozatába, amelynek első tagja a vizsgált objektumból és a megismerő szubjektumból áll, tartalmazva továbbá a szubjektumban a megismerendő objektum valamilyen tökéletességű modelljét is. A következő lépcsőben a vizsgáló és a vizsgált közé segédeszközként gép illeszkedik, akár egyszerűen a vizsgáló képességeinek avagy a vizsgált objektum megnyilvánulásainak felnagyítójaként, akár általánosabban a két fél közötti kommunikáció megjavítójaként. Egy későbbi fejlettségi fázisra már az lesz a jellemző, hogy a gép a vizsgáló, megismerő személy bonyolultabb, tehát nem csupán az érzékelés szintjén realizálódó tevékenységét segíti, azaz - tartalmazva a megismerő szubjektum vizsgálati, értékelési szempontjait, és természetesen a vizsgált objektum modelljét is - már nem tekinthető a szubjektum egyszerű kiegészítőjének, hanem inkább ideiglenes helyettesítőjének. A szubjektum a megismerés jelentős fázisaiban leválik a rendszerről, és a "kognitív képességekkel" felruházott gép relatív és ideiglenes önállóságot nyer.

Az a rendszer, melynek igényét a fentiekben körvonalaztuk, a harmadik fázisnak felel meg; egyik specialitása az, hogy a megismerendő objektum helyébe ember, helyesebben az ember reakcióidő-magatartásában résztvevő mechanizmusai kerülnek. További specialitása, hogy a vizsgált személy és a számítógép között igen szűk információs csatorna funkcionál: a számítógép határozza meg a fényingerek felvilágításainak kezdetét és fogadja a vizsgált személy reakcióit, méri és tárolja a reakciókig eltelt időket.

A rendszer (1. ábra) elvi működése a következő: az első stimulus-sorozat (kb. 10-20 stimulusból álló pattern) tapogatózó jellegű, a rá adott válasz értékeléséből a számítógépben realizált, az emberi reakcióidőt meghatározó mechanizmusokat reprezentáló modell alapvető paramétereinek közelítő megadását végezzük el. A következő stimulus-patternre adott válasz-patternnek felvétele után elő kell állítani a mo-

dell ugyanazon stimulus-patternre adott válasz-sorozatait, a modell-paraméterek összes reális konstellációja esetén. A nagyszámu modell által generált válasz-patternek közül ezután ki kell választani azokat, amelyek a vizsgált személy által adott patternhez - valamilyen hasonlósági kritérium szerint - a legközelebb állnak.



1. ábra

A későbbiekben ismertetésre kerülő modellel végzett előzetes kísérleteink során azonban kiderült, hogy az egyelőre intuitív jellegű hasonlósági kritériumot kielégítő válaszokhoz tartozó paraméter-együttesek között meglehetősen nagy eltérések állnak fenn. Bizonyos paraméterek ugyan stabilak, azaz az összes megfelelő modell-verzióban azonos értékkel kell rendelkezniök, de más paraméterek gyökeresen eltérő konstellációi ugyanolyan jellegű patterneket eredményeznek. A modell ilyen értelemben vett "többértékűsége" a kognitív rendszer egészének szempontjából diagnosztikus bizonytalanságot jelent.

A következő stimulus-pattern kiválasztásának a szempontja tehát szükségszerűen az, hogy az arra adott válasz várhatóan a legnagyobb bizonytalanságú paraméter-értékek tisztázását eredményezze. Másszóval olyan stimulus-patternnt kell alkalmazni, amelyre adott vá-

lasz jellegét épp a legbizonytalanabb értékű paraméterek határozzák meg.

Az előzőeknek megfelelően a számítógépben tárolt stimulus-patternek készlete a rájuk leginkább érzékeny paraméter vagy paraméterek szempontjából rendeződik és kiválasztásuk az előző válaszok függvényében, azok elemzése alapján történik.

Az ingersorozatok egymásután alkalmazásával remélhető, hogy a bizonytalan értékű modell paraméterek száma és így a megvizsgálandó modellverziók száma is csökken. Ez természetesen nem jelenti azt, hogy a hasonlósági kritériumot kielégítő paraméter-együttesek száma is csökkenő tendenciát mutat, de az valószínű, hogy a modell-verziók összefüggő, más vizsgálati eredményektől elkülönülő csoportot alkotnak. Ha az n modellparaméternek megfelelően az azonos személyhez tartozó modellverziókat a paraméterek n -dimenziós terében ábrázoljuk, ezek egy jól körülhatárolható térrészre esnek. A következő feladat ekkor az, hogy kijelöljük e paraméter-térben a pszichológiai és fiziológiai fogalmakkal leírandó reakcióidő-magatartási típusok térrészeit és az eredményeket alkalmas osztályozási rendszer alapján, pszichofiziológiai kategóriák segítségével interpretáljuk.

A rendszer működtetésének előfeltételei a következőkben foglalhatók össze:

1. Az emberi reakcióidő-magatartást meghatározó mechanizmusok modelljének konstrukciója. Az alkalmas modell megtalálása természetesen nagyszámú humán kísérleti eredmény elemzését és szimulációjuk elvégzését követeli meg.
2. Stimulus-patternek paraméter-orientált rendszerének összeállítása, amelyet szintén előfeltételezi a kiterjedt humán- és modellkísérlet-sorozat elvégzése.
3. A fentiek mellett természetesen gyors és időosztásos üzemre képes számítógépes rendszer is szükséges.

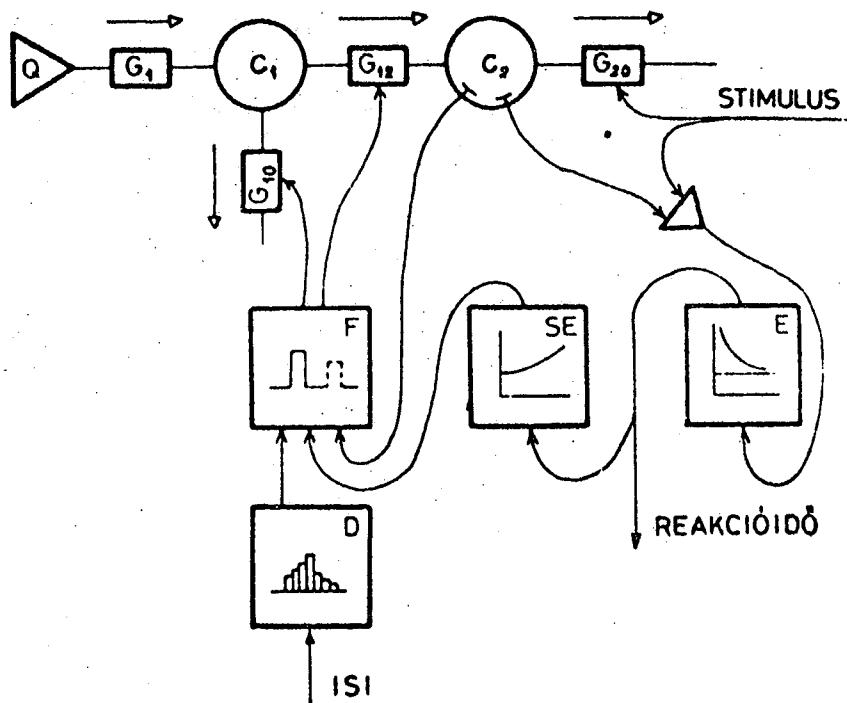
Munkánk jelenlegi fázisában az első két feltételt igyekszünk realizálni. A reakcióidő-magatartás mechanizmusai modellezésének jelenlegi szakaszát az jellemzi, hogy a modell a feltételezésünk szerint alapvető mechanizmusokat tartalmazza, és a szimulációtól alapfeltételeink helyességének igazolását várjuk.

Ezen alapfeltételeket az előző előadásban körvonalaztuk. Ennek megfelelően minden egyes reakcióidő-értéket a megelőző interstimulus-intervallumok (ISI) sorozatának és az azokra adott válaszok sorozatának kontextusában vizsgálunk és értelmezünk. E kontextusfüggés a reakcióidő-mechanizmusok működésében realizálódik, mely mechanizmusoknak kétféle természetet, működésmódot tulajdonítunk: a válaszadás energetikai feltételét és információfeldolgozó tevékenységet. A modell jelen-

legi állapotában e két szorosan összefüggő működési jelleg strukturálisan szétválik és ez funkcionális összefüggésük realizálásában is kétségkívül korlátokat jelent.

A modell rövid leírása

A modell egyszerűsített blokkvázlata a 2. ábrán látható.



2. ábra

A reakcióidő-magatartás modelljének blokkvázlata

Az energetikai rész felépítési elve a következő volt: feltételeztük, hogy az energiatárolók és az összekötő csatornák rendszere hierarchikusan elágazó jellegű, a "pszichés" energia az aspecifikus régiókból a specifikus (azaz az elvégzendő konkrét teszt-tevékenységekkel kapcsolatos) részrendszerek felé áramlik. Az energiarendszer veszteséges, a veszteséget nem csak a feladat elvégzésével kapcsolatos "hasznos" energiafelhasználás jelenti. Az energiapótlást forrás biztosítja.

E felépítési elv a realizált energetikai strukturában még egyszerűsített és koncentrált formábanült testet: a Q energiatároló forráserevése konstans, az általa ellátott C₁ aspecifikus energiatároló specifikus elfolyásai közül a vizsgált specifikus tevékenységhez tartozó részrendszer válik csak külön az összes többitől, melyeket a G₁₀ elvezető energia-

csatorna koncentráltan reprezentál. A C_2 specifikus tároló a G_{12} csatornán keresztül töltődik, szintje pedig a G_{20} elvezetésen keresztül csökkenthető. Az aspecifikus C_1 tároló E_1 , illetve a specifikus C_2 tároló E_2 energiaszintjét a

$$c_1 \frac{dE_1}{dt} + \frac{E_1}{g_{10}} + \frac{E_1 - E_2}{g_{12}} = q$$

$$c_2 \frac{dE_2}{dt} + \frac{E_2}{g_{20}} - \frac{E_1 - E_2}{g_{12}} = 0$$

differenciálegyenlet-rendszer megoldásai adják. A csatorna-áteresztőképességek (g_{10} , g_{12} , g_{20}) időfüggvények, értékeik

az információ-feldolgozási rész kontrollja alatt állnak. A feladatra irányított (specifikus) figyelem akaratlagos fokozása azáltal történhet, hogy a G_{12} csatorna áteresztőképessége megnő, a G_{10} -é pedig egyidejűleg lecsökken - egy H magasságu ún. fókuszoló impulzus hatására:

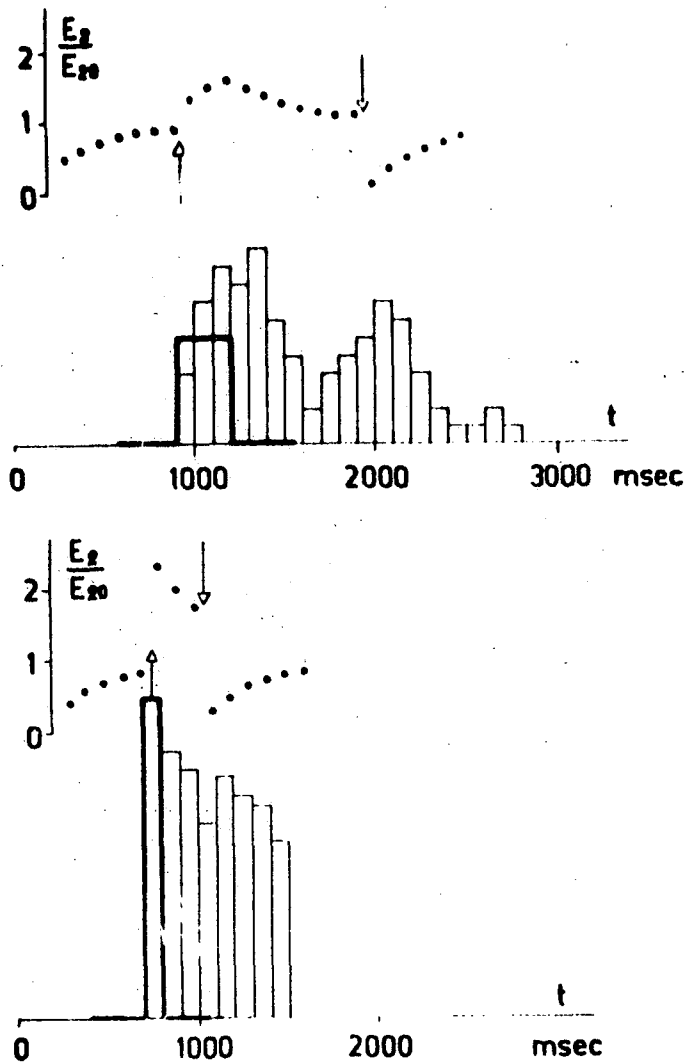
$$g_{10}(H) = g_{10}(0) - \lambda_1 H$$

$$g_{12}(H) = g_{12}(0) + \lambda_2 H$$

A "fókuszolás" folyamata a bekövetkező stimulusra való felkészülést jelenti. A fókuszoló impulzus kezdete, szélessége és magassága így a megelőző interstimulus-intervallumok eloszlásfüggvénye alapján nyer meghatározást.

Az ISI-eloszlást röviden a következőkkel jellemezhetjük: a) az átlagosnál rövidebb ISI-értékek 1-nél nagyobb, a hosszabbak pedig kisebb súllyal épülnek be az eloszlásba, b) az eloszlás összterülete konstans (ez a megelőző ISI-értékek "lassu" felejtését valósítja meg), c) a fókuszoló impulzus generálásához az eloszlásnak csak egy bizonyos szint feletti részét vesszük figyelembe ("gyors" felejtés).

A modell D egysége ezen eloszlás alapján egy "nyers" fókuszoló impulzust generál, melynek területe konstans és magasság-szélesség aránya az eloszlás - levágási szint feletti - jellemzőjét tükrözi. A 3. ábrán az impulzus generálását két különböző jellegű eloszlás esetén szemléltejük. (Feltüntetettük továbbá a specifikus energiatároló - a nyugalmi E_2 szinthez viszonyított - E_2 szintjének időbeli változását. A felfelé mutató nyilak a fókuszolás következtében fellépő E_2 -emelkedésre mutatnak, a lefelé mutató nyilak pedig a reakció időpontját jelzik.)



3. ábra

A fókuszoló impulzus (vastag vonal) előállítására a megelőző interstimulus-intervallumok eloszlása alapján, két különböző (széles és keskeny) ISI-hisztogram esetén. Pontozott vonal a specifikus figyelmi energia szintjének változását jelzi.

A nyers impulzus végleges magasságát az ún. értékelés (SE) figyelembevételével nyeri. Minthogy a kísérleti személy a válaszával szünteti meg a fényingert, lehetőség van reakcióidejének durva megbecslésére. A következő stimulusra való felkészülését így - motiváltság-tól függően - előző teljesítménye is befolyásolja: az n -edik fókuszoló impulzus nyers magassága az $(n-1)$ -edik választól függő $\alpha \cong 1$ motivációs sulyal szorzódik:

$$H_1^{(n)} = H_{01}^{(n)} \alpha = H_{01}^{(n)} \exp \left\{ k(T_R^{(n-1)} - T_{R0}) \right\}$$

ahol $T_R^{(n-1)}$ az előző stimulusra adott reakcióidő, T_{R0} a minimális elérhető reakcióidő. A 3. ábra szemlélteti a fókuszoló impulzus elhelyezését is: az impulzus végét (önkéntesen) az eloszlás elejének (τ_1) és várható értékének (τ_e) középre illesztettük:

$$t_2 = 1/2 (\tau_e + \tau_1)$$

Az ISI eloszlás alapján generált (primer) fókuszoláson kívül esetenként szükség lehet "szekunder" fókuszolás végrehajtására is: amennyiben a primer fókuszolás lezajlik és a stimulus még nem érkezett meg, az energetikai rendszer lassan aspecifikus (fókuszálatlan) állapota felé törekszik. Amikor az E_2 szint egy meghatározott E_{20} küszöb alá esik, F egy újabb, H_2 magasságu szekunder fókuszoló impulzust bocsát ki, stb. (a "nem-figyelés" felismerése). A $H_2, H_3, \dots, H_i, \dots$ szekunder impulzus-magasságok egy önkényes, mechanisztikus rendszer szerint csökkenő értékek:

$$H_i = k_r H_{i-1}, \quad k_r < 1$$

$$i = 2, 3, \dots$$

A stimulusokra adott reakcióidők értékét feltételezéseink szerint a specifikus figyelmi energia E_2 szintje határozza meg:

$$T_R = T_{R0} + \frac{1}{\epsilon E_2}$$

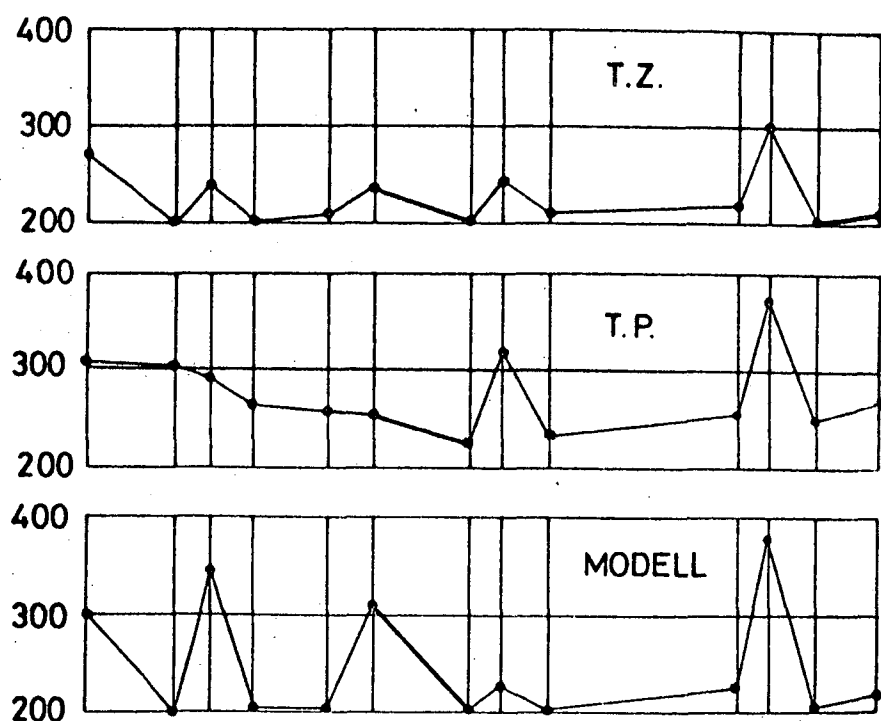
Az összefüggés primitív módon a következő megfontolást tükrözi: alacsony figyelmi szintek esetén viszonylag kis energiatöbblettel jelentős reakcióidő-javulás érhető el, míg az egyre magasabb szinteken ugyanakkora energiatöbblet egyre kisebb reakcióidő-csökkenést eredményez. Ily módon a T_{R0} minimum egy szemléletes jelentést kap: végtelen nagy E_2 szinthez tartozó minimális reakcióidő.

A reakciók energiafelhasználást igényelnek: "könnyedségük"-től függően különböző τ_R ideig a G_{20} csatorna g_{20} áteresztőképessége jelentősen megnő, ezáltal az E_2 energiaszint igen alacsony értékre esik, ahonnan viszonylag lassu regenerációs folyamat indul (refrakter fázis) a fókuszálatlan, aspecifikus energiaállapot irányába.

A fent leírt mechanizmusok kapcsolatai (vezérlések, visszajelentések) az E_2 energiaszint bonyolult időbeli változását, ingadozását okozzák. A reakcióidő-értékek tehát attól függenek, hogy a stimulus éppen milyen energiaállapotban találja a rendszert. Kétségtelen azon-

ban, hogy a modell jelenlegi formájában tökéletesen és indokolatlanul determinisztikus, működése a véges energiataralékokkal precizen gazdálkodó adaptív rendszer működésére emlékeztet.

E jellegzetesség jól megnyilvánul szimulációs eredményeinkben (4. és 5. ábra)

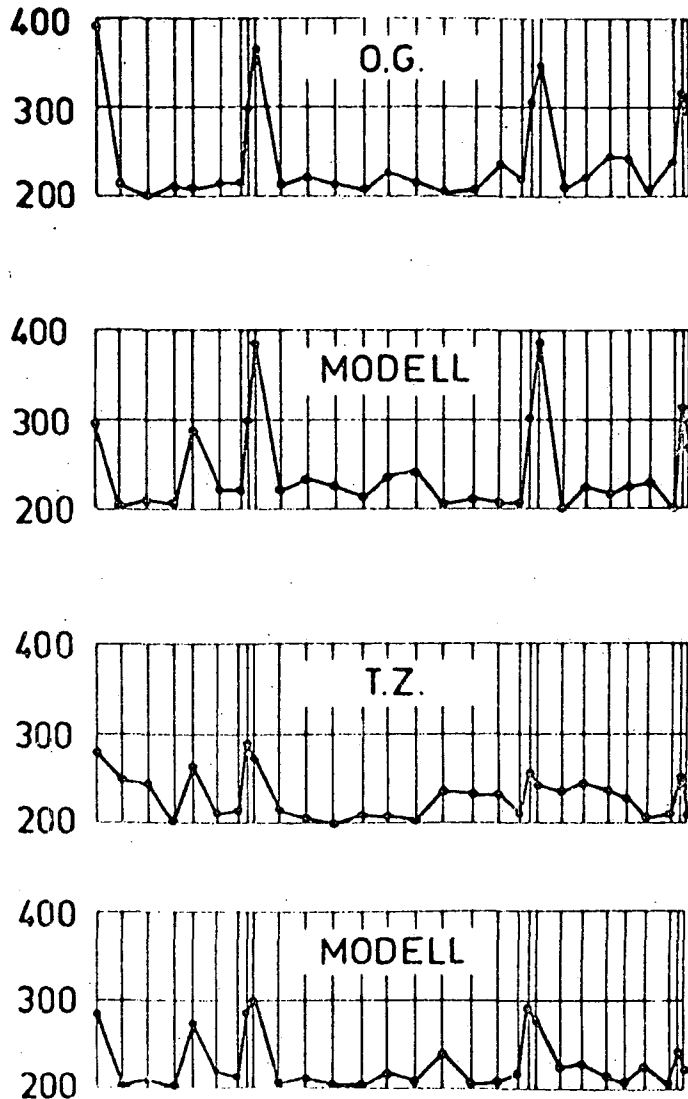


4. ábra

Két személy reakcióidő-patternje és a modell-válasz, ugyanazon stimulus-patternre. A függőleges vonalak távolsága az interstimulus-intervallumokkal arányos. Ordináta: Rl ms

Kísérleti személyeink közül csak néhány személy reakcióidő-magatartását sikerült elfogadható hűséggel utánozni modellkísérletben. E személyek azonban más tesztek eredményei alapján is élesen elkülönülő csoportot alkottak kísérleti anyagunkban, teljesítményük lényegesen magasabb szintű volt, a reakcióidő-méréseknél kiegyensúlyozott teljesítményt, alacsony átlagot és kis szórást produkáltak. Érdeemes megemlíteni a csoport két tagjának foglalkozását: egyikük sportrepülő, másikuk pedig a közlekedésrendészet rutinos gépkocsivezetője. A tesztekben megnyilvánuló - jó értelemben vett - gépies, precíz teljesítmény, valamint szimulációjuk sikere azt a következtetést sugallja, hogy modellünkben bizonyos "eiaion" reakcióidő-magatartást sikerült realizálni, egy szélsőséges működésmódot, amely azonban humán reakcióidő-magatartásként, illetve annak egy ideálist megközelítő, szélső

eseteként interpretálható egyuttal.



5. ábra

Két személy reakcióidő-patternje és a megfelelő szimulációs eredmények

Eredményeink ilyen magyarázata a reakcióidő-magatartás modelljének továbbfejlesztési elvét is meghatározza: a modell "determinisztikus" tulajdonságait több ponton gyengíteni kell. Itt elsősorban az ISI-eloszlás sztochasztikus "modulációjának", a "belső" időnek a valóságos időhöz viszonyított sztochasztikus ingadoztatásának bevezetésére és más, aspecifikus sztochasztikus inputok defokuszáló hatásának modellezésére gondolunk.