

Atveseļošanas kompleksu iedarbības novērtējuma izveide

Ivars Karpics, Riga Technical University, Zigurds Markovics, Riga Technical University

Kopsavilkums. Atveseļošanas uzdevumi tiek risināti dažādu sistēmu korektas darbības nodrošināšanai un tos apskata un modelē, izmantojot topoloģiskās modelēšanas pieeju. Rakstā dota paplašināta atveseļošanas kompleksu iedarbības novērtējuma metodika, kuras ietvaros kā piemērs tiek definēta jauna pieeja arteriālās hipertensijas atveseļošanas kompleksu novērtējumam, kas balstīta uz grafa teorijas un eksperta sistēmu lietojumiem. Kompleksa iedarbības novērtējums ļauj risināt optimālas terapijas izvēles uzdevumu.

Atslēgas vārdi: grafs, topoloģiskais modelis, arteriālā hipertensija, terapijas izvēle.

I. IEVADS

Dažādas sistēmas to funkcionēšanas gaitā zaudē tās veikspējas parametrus un samazinās kopējā sistēmas efektivitāte. Lai nodrošinātu vienmērīgu sistēmas darbību ir nepieciešams pielietot dažādas atveseļošanas metodes. Viens no šādu atveseļošanas metožu pielietojumiem ir novērojams medicīnā, kur sistēmas nefunkcionēšanu raksturo organisma saslimšana. Šajā gadījumā ir nepieciešams pakārtot efektīvu terapiju kompleksu, kas ļautu veikt organisma atveseļošanu.

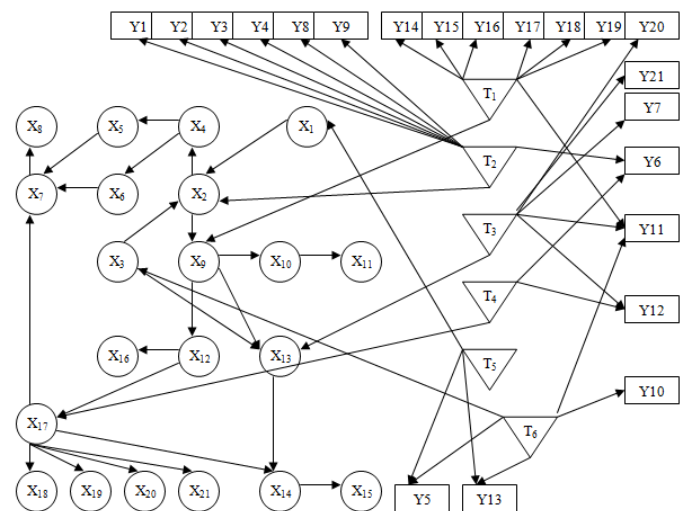
Raksta autori zinātniskās darbības ietvaros apskata un izstrādā dažādas atveseļošanas metodes, iekļaujot arī medicīnas uzdevumu risinājumus. Ir izstrādāta arteriālās hipertensijas (AH) efektīvākās terapijas izvēles metode vienas terapijas gadījumā [1] un daudz terapiju kompleksa modelēšanas pieeja un datorsistēma [2]. Lai palielinātu lēmuma pieņemšanas objektivitāti ir nepieciešams palielināt atveseļošanas kompleksa iedarbības informētības līmeni, definējot daudz apjomīgāku terapiju novērtējumu, kas ļautu noteikt optimālu terapiju jeb atveseļošanas stratēģiju.

Rakstā pirmajā paragrāfā ir dots ieskats terapijas kompleksa topoloģiskās modelēšanas pieejā. Otrajā paragrāfā ir definētas iespējamās terapijas izvēles stratēģijas un detalizēti apskatīta izvēlētais virziens, uz kura tiks balstīta terapijas noteikšanas metode un intelektuālā datorsistēma. Trešajā paragrāfā definēti topoloģiskā modeļa virsotņu papildus rādītāji un izvirzīti terapijas kompleksa novērtējuma kritēriji. Pēdējā sadaļā ir doti secinājumi, galvenie turpmākā pētījuma mērķi un uzdevumi.

II. ARTERIĀLĀS HIPERTENSIJAS TOPOLOĢISKĀS MODELĒŠANAS PIEEJA UN EFEKTĪVĀKĀS TERAPIJAS IZVĒLES METODE

Arteriālā hipertensija ir viena no visizplatītākajām sirds un asinsvadu slimībām, kas vēlīnās stadijās vai neefektīvas ārstēšanas rezultātā var būt letāla [3]. Mūsdienīgu sabiedrība noveco un tas ir par iemeslu pastiprinātai AH izplatībai. Viens no risinājumiem kā palīdzēt un atvieglot medicīnu darbu ir izstrādāt un pielietot terapijas izvēles metodikas un attiecīgas

datorsistēmas, kas spēj dot padomu ārstam pie lēmuma pieņemšanas. Raksta autori ir izstrādājuši un pielieto AH terapijas modelēšanas metodiku, kas ir balstīta uz topoloģiskās modelēšanas pieeju [1], kur AH attīstība jeb patoģenēze tiek uzdots izmantojot matemātisko modeli, kas tiek definēts pielietojot grafu (1. att.). Modelis tiek veidots balstoties uz ekspertu (medikū) zināšanām par AH attīstību, likumsakarībām un terapijas iedarbībām. Viens no galvenajiem uzdevumiem pie sistēmas izveides, ir nodrošināt atjaunojamu zināšanu bāzi ar mērķi modelī iekļaut pašu jaunāko AH pētījumu rezultātus. Pielietojot ekspertu kolektīva aptaujas, vienprātības pakāpes noteikšanas un dažādas brāķēšanas metodes tiek veidots kopējais topoģiskais modelis.



1. att. Arteriālās hipertensijas topoloģiskais modelis

Matemātiskais AH topoloģiskais grafmodelis (turpmāk AH modelis) tiek attēlots orientēta grafa veidā un tas satur sekojošus elementus:

- Apļveida virsotnes X definē organisma apakšsistēmas;
- Trijstūrveida virsotnes T attēlo AH terapijas;
- Četrstūrveida virsotnes Y parāda katras terapijas T izraisītās blakus parādības jeb blaknes;
- Saites starp virsotnēm attēlo funkcionālo saistību starp tām.

AH terapijas modelēšanas sākumā tiek uzdots organisma apakšsistēmu funkcionālās vērtības, kas tiek uzdots intervālā no 0 līdz 1 kur 1 norāda uz pilnvērtīgu funkcionēšanu, bet 0 definē pilnīgu orgāna disfunkciju. Papildus tiek ievadītas sākotnējās blakņu izpausmes. Dotos novērtējumu ievadu veic medicīnas darbinieks, jo to noteikšanai un gradācijai ir nepieciešamas specifiskas zināšanas medicīnā.

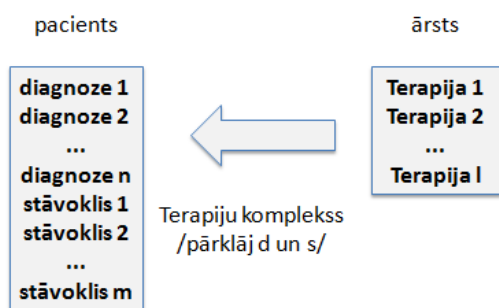
Terapijas modelēšana balstās uz secīgu grafa apstaigāšanu pa loģiskām grafa saitēm un ceļā ietvērto virsotņu funkcionālo

vērtību pārrēķinu. Tādējādi tiek apskatīta visas terapijas un tiek veikts salīdzinājums pēc to efektivitātes rādītāja ar mērķi izvēlēties vislabāko kompleksu. Efektivitātes rādītāja aprēķins tiks apskatīts turpmākajos paragrāfos, jo tas ir viens no terapijas iedarbības novērtējuma kritērijiem.

III. TERAPIJAS KOMPLEKSA IZVĒLES STRATĒGIJAS DEFINĒJUMS

Veidojot vienotu atveseļošanas kompleksa izvēles metodiku, nepieciešams apskatīt visas iespējamās kompleksa izvēles metodes. Medicīnas gadījumā jāapskata arteriālās hipertensijas terapijas kompleksa (turpmāk terapijas) izvēles pieejas, kas pastāv reālajā medicīnas praksē un kādas ir teorētiskie iespējamās. Šeit nepieciešams filozofiski iedziļināties mediķu domu gājienā un attēlot pilnu diagnozes uzstādīšanas un terapijas izvēles ciklu.

Reālajā praksē pacients ierodas pie ārsta ar noteiktu diagnožu (laboratorisko izmeklējumu rezultātu) un stāvokļu jeb novērojumu kopu. Šo kopēju konglomerātu novērtē ārsts un mēģina uzstādīt diagnozi, pēc kuras ir iespējams definēt terapiju (2. att.). Nereti tiek norādīti terapiju kompleksi, jo bieži diagnoze ir neviennozīmīga un mūsdienās pastāv pieeja pielietot vairāku mazu devu terapiju kompleksu vienas izteiktas terapijas vietā.



2. att. Terapijas izvēles situācijas attēlojums

Pastāv vairākas iespējamās pieejas kā metodika var veidot pielietojamās terapijas kompleksu:

A. Visu iespējamo terapiju pārskats

Metode balstās uz visu iespējamo risinājumu modelēšanu un efektīvākā rkompleksa izvēles balstoties uz atveseļošanas efektivitātes rādītājiem. Pašreiz dotā metodika ir realizēta medicīnas sistēmā, bet to tālāk nav iespējams izmantot un ir nepieciešams izslēgt no turpmākās attīstības. Metode netiek apskatīta jo ir neefektīva pie liela apjoma topoloģiskā modeļa un pie liela skaita pārbaudāmo terapiju kompleksu skaita. Tabulā 1 ir redzami visu iespējamo terapiju un virsotņu skaits, ko ir nepieciešams apskatīt modelēšanas procesā. Augot terapiju skaitam iespējamo risinājumu skaits eksponenciāli palielinās un maksimālas pārmeķlēšanas gadījumā būtu jāapskata 36 miljoni terapiju un 1.6 miljardi virsotņu, kas novestu pie liela mašīnas darba cikla izpildes laika. Tāpat pieeja nesatur nekādas matemātiskās un grafa teorijas apstrādes metodes, kas paaugstinātu metodikas objektivitāti.

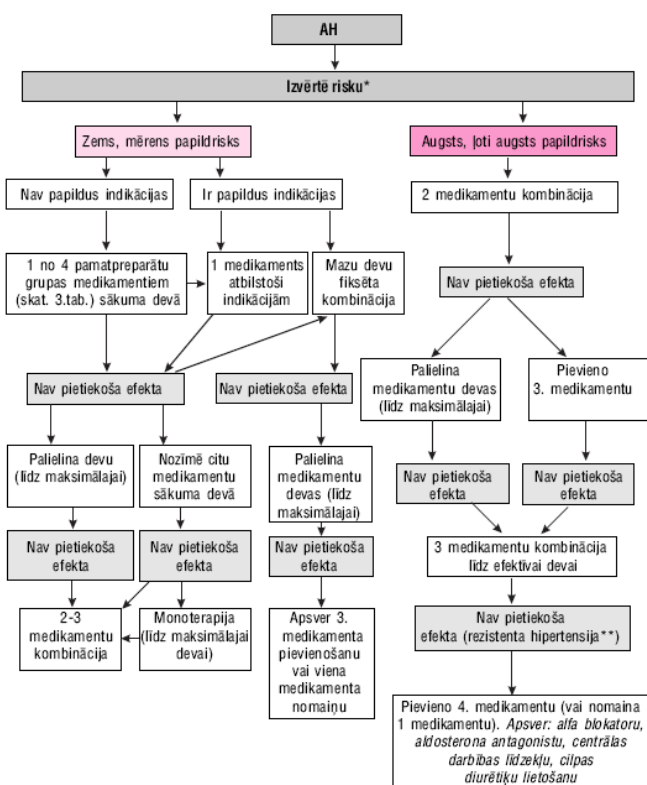
1. TABULA

TERAPIJU UN PĀRSKATĀMO VIRSOTŅU SKAITS

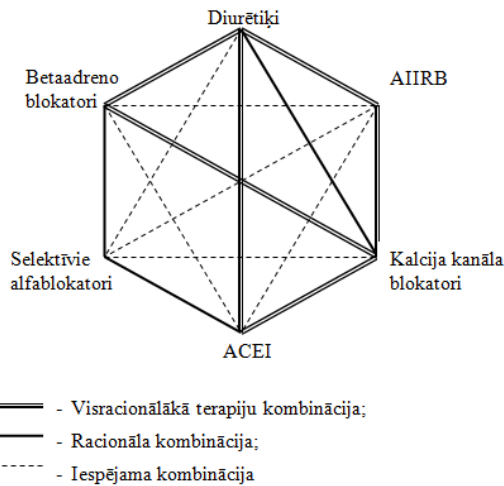
Sk.	Komb. skaits	Komb. summa	Virsotņu skaits	Virsotņu summa
1	18	18	261	261
2	324	342	14 094	14 355
3	5 832	6 174	253 692	268 047
4	104 976	111 150	4 566 456	4 834 503
5	1 889 568	2 000 718	82 196 208	87 030 711
6	34 012 224	36 012 942	1 479 531 744	1 566 562 455

B. Soļa veida terapijas izvēles process

Metodika raksturo vienu no mediķu reālajiem terapijas izvēles piegājieniem, kas apvieno soļa veida farmakoloģisko terapijas kompleksa izveidi (3. att.) ar terapiju kombināciju saderību (4. att.). Doto metodiku tieši nav iespējams pielietot, jo nav humāni veikt eksperimentālu terapiju pārbaudi, bet netieši to var pielietot lai izvērtētu gala rezultātus un sistēmas lietotājam formētu papildus rekomendācijas.



3. att. Soļa veida terapijas izvēles farmakoloģiskais algoritms



4. att. Terapiju kombināciju saderības

C. Kompleksa izvēle balstoties uz pacientu vēsturēm

Izvēles algoritms attēlo tradicionālo medicīnu domu gājieni, kas balstīts uz vēsturiskām zināšanām. Ārsts nereti mēģina esošo situāciju pielīdzināt kādai vēsturiskai situācijai un pēc tā formē terapiju kompleksu. Tieši doto metodi nevar pielietot, jo katrs pacients ir individuāls un arī viena pacienta gadījumā nereti pie atkārtotas slimības diagnozes, terapiju iedarbību mehānismi mēdz atšķirties. Netieši metodiku var pielietot lai salīdzinātu iegūtos rezultātus ar vēsturiskiem datiem un formētu papildus rekomendāciju. Tāpat ērti ir pielietot pacientu slimību vēstures formas (5. att.) informācijas ieguvei, apstrādei un saglabāšanai. Vēsturiskos datus papildinot var izmantot topoloģiskā modeļa izveidei.

5. att. Pacienta slimības vēsture izraksta forma

D. Optimālās terapijas matemātiska formēšanas pieeja

Pieeja balstās uz virzītu matemātisku optimālās terapijas sintēzi, kur rezultāts tiek iegūts objektīvas lemsšanas

procedūras ceļā. Metode neaplūko pilnu pārlūku kopu, bet gan tieši veido optimālo risinājumu, tādējādi tā iekļauj galvenās atziņas un rīkus no iepriekš minētajā metodikām. Lai iegūtu šo optimālo risinājumu ir nepieciešams palielināt topoloģiskā modeļa informētības līmeni. Ir nepieciešams pievest modeļa virsotņu novērtējumus un izvirzīt katras terapijas un to kompleksu efektivitātes kritērijus.

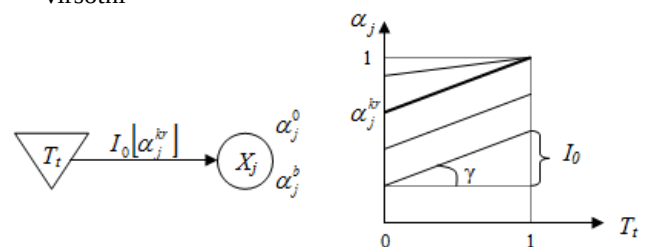
IV. TOPOLOĢISKĀ MODEĻA VIRSOTŅU INFORMATĪVE RĀDĪTĀJI

Modeļa virsotņu informācijas līmeni ir iespējams palielināt, pielietojot eksperta sistēmas un grafu teorijas apstrādes metodes. Pašlaik katrai grafa virsotnei ir tikai viens rādītājs, kas nosaka tās funkcionēšanas līmeni. Turpmāko pētījumu realizēšanai tiek pievesti divi jaunu virsotņu rādītāji, kas ar esošo rādītāju, veido trīs rādītājus:

A. Virsotnes funkcionālais līmenis α

Parametrs ir galvenais no trim novērtējumiem, kas tieši attēlo virsotnes funkcionēšanas līmeni un tas tiek definēts 0..1 skalā, kur 1 parāda pilnvērtīgu funkcionēšanu. Veicot terapijas iespaids modelēšanu virsotnes funkcionālais līmenis tiek pārreķināts (noteikts beigu stāvoklis), atkarībā no savienoto virsotņu un saites tipa :

- Saite starp terapiju un organisma apakšsistēmas virsotni (6. att.) nosaka lineāru funkcionālu atkarību starp pielietotās terapijas devu un virsotnes beigu funkcionālo līmeni (formula 1.). Vienādojumā redzams, ka izejas lielums ir atkarīgs no virsotnes sākuma funkcionālā līmeņa, terapijas devas un iedarbības spēka uz doto virsotni



6. att. Saite Terapija- Organisma apakšsistēmas virsotne grafiskais attēlojums un funkcionālais grafiks.

$$\alpha_i^0 = k \cdot (T_t^b - T_t^0) + \alpha_i^0 \quad (1)$$

, kur

- T_t - Terapijas apzīmējums;
- X_j - Organisma apakšsistēmas izmainītā funkcija;
- α_j^0 - Virsotnes X_j funkcionālā līmeņa sākuma līmenis;
- α_j^b - Virsotnes X_j funkcionālā līmeņa beigu līmenis;
- k - Nosaka pēc izteiksmes 2.

$$k = I_0, \quad \text{ja } 0 \leq \alpha_j^0 \leq \alpha_j^{kr}$$

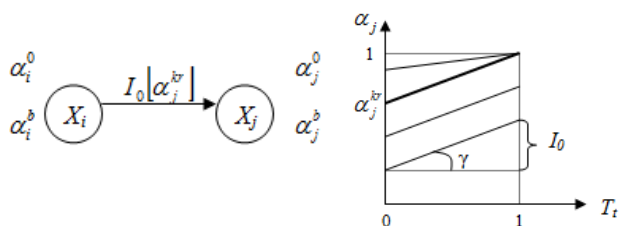
$$k = \frac{1 - \alpha_j^0}{1 - T_t^0}, \quad \text{ja } \alpha_j^{kr} < \alpha_j^0 < 1 \quad (2)$$

, kur

α_j^{kr} - Virsotnes X_j funkcionēšanas līmeņa kritiskā vērtība, zem kuras atveseļošana nav iespējama;

I_0 - Terapijas iedarbības izteiktība jeb spēks uz konkrēto virsotni, jeb grafika slīpuma leņķis γ .

- Saite starp organisma apakšsistēmu virsotnēm (7. att.) nosaka lineāru funkcionālu atkarību, kur vienas virsotnes izmaiņas ietekmē citas virsotnes beigu funkcionālo līmeni. Ietekmējamās virsotnes gala funkcionālais līmenis tiek noteikts pēc izteiksmes 3.



7. att. Saites starp divām organisma apakšsistēmas virsotnēm grafiskais attēlojums un funkcionālais grafiks.

$$\alpha_j^b = k \cdot (\alpha_i^b - \alpha_i^0) + \alpha_j^0 \quad (3)$$

, kur

X_j, X_i - Organisma apakšsistēmas izmainītās funkcijas;

α_i^0, α_j^0 - Virsotņu X_i un X_j sākuma funkcionālie līmeņi;

α_i^b, α_j^b - Virsotņu X_i un X_j beigu funkcionālie līmeņi;

k - Nosaka pēc izteiksmes 4.

$$k = I_0 \quad , \text{ ja } 0 \leq \alpha_j^0 \leq \alpha_j^{kr}$$

$$k = \frac{1 - \alpha_j^0}{1 - \alpha_j^{kr}} \quad , \text{ ja } \alpha_j^{kr} < \alpha_j^0 < 1 \quad (4)$$

, kur

α_j^{kr} - Virsotnes X_j funkcionēšanas līmeņa kritiskā vērtība, zem kuras atveseļošana nav iespējama;

I_0 - Terapijas iedarbības izteiktība jeb spēks uz konkrēto virsotni, jeb grafika slīpuma leņķis γ .

B. Nozīmības jeb bīstamības faktors a_1

Dotais parametrs norāda cik nozīmīga ir dotā organisma apakšsistēmas funkcija kopējā organisma (topoloģiskā modeļa) ietvaros. Tāpat faktors tiek pielietots blaknēm un parāda tās nozīmību salīdzinājumā ar citām blaknēm. Doto faktoru var interpretēt kā bīstamības faktoru, kas parāda cik bīstama ir dotā virsotne, kā tā ir sasaistīta ar citām AH modeļa virsotnēm un cik svarīgi ir to apskatīt pie terapiju kompleksu izvēles. Mainīgais ir iegūts izmantojot ekspertu zināšanu ieguves metodes, jo nepastāv vienotas metodikas kā iegūt šādu parametru skalā no 0 līdz 1. 1 norāda, ka virsotne ir vissvarīgākā, savukārt vērtībai samazinoties, koeficients samazinās. Tiek pielietota rangu skala, kas nosaka parametra pielietošanas ierobežojumus, proti, dotos koeficientus var pielietot tikai kvalitatīvai salīdzināšanai (virsotne ir bīstamāka par otru virsotni), bet ne kvantitatīvai salīdzināšanai (cik reizes viena virsotne ir bīstamāka par otru virsotni). Tabulā 2 ir redzams bīstamības faktora uzdošanas piemērs.

2. TABULA

VIRSOTNES BĪSTAMĪBAS FAKTORA NOTEIKŠANAS PIEMĒRS

Vir.	Virsotnes (Organisma funkcijas) nosaukums	a_1
x_1	Hipotalāma zonas hiperreaktivitāte	0.6
x_2	Simpātiskās nervu sistēmas hiperaktivitāte	0.7
x_3	Arteriolu hiperalfaadrenerģija	0.7
x_4	Sirds hiperbetaadrenerģija	0.8
x_5	Sirds darbības frekvences izmaiņas	0.9
x_6	Sistolē tilpuma izmaiņas	0.5
...	...	...

C. Virsotnes iespaidošanas grūtuma rādītājs a_2

Parametrs norāda konkrētās virsotnes sasniedzamības līmeni no terapijām un definē cik viegli vai grūti konkrētā virsotne ir iespaidojama. Rādītājs ir apgriezti proporcionāls terapiju skaitam, kas ietekmē doto virsotni. Terapiju skaitu, kas sasniedz katru virsotni var iegūt grafa apstaigāšanas un īsāko ceļu meklēšanas algoritmu izpildes laikā. Piemēram, pielietojot Deikstras, Flojda Varšala algoritmus [4] [5] ir iespējams secīgi apstaigāt visu grafu un iegūt katras terapijas apskatāmo virsotņu skaitu. Parametru ir iespējams arī noteikt pielietojot sasniedzamības vai sasniegšanas komponentes, attiecīgi grafa organisma apakšsistēmām vai terapijām. Parametrs ir diapazonā no 0 līdz 1 un 1 definē, ka virsotne ir sasniedzama tikai no vienas terapijas. Tabula 3 parāda virsotne iespaidošanas rādītāja noteikšanas metodiku.

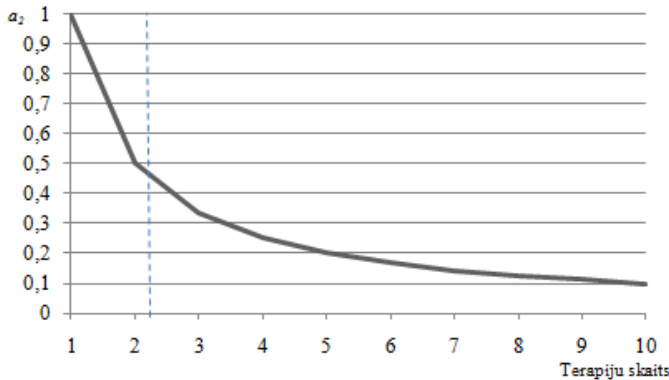
3. TABULA

VIRSOTŅU IESPAIDOŠANAS GRŪTUMA RĀDĪTĀJA NOTEIKŠANA

Vir.	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	Σ	a_2
X_1					X		1	1
X_2	X	X			X	X	4	0.25
X_3	X	X				X	3	0.33
X_4		X			X	X	3	0.33
X_5		X			X	X	3	0.33
X_6		X			X	X	3	0.33
X_7	X	X			X	X	5	0.2
X_8	X	X			X	X	5	0.2
X_9	X	X			X	X	4	0.25
...	...	...	...	...	...	...	...	...

Attēlā 8 ir dots grafiks, kas nosaka hiperbolisku funkcionālu atkarību starp rādītāju a_2 un terapiju skaitu, kas spēj ietekmēt doto virsotni. No grafika var secināt, ka koeficienta vērtība strauji samazinās pie divām terapijām un palielinoties terapiju skaitam koeficients nonāk sabiezējumā zonā ap vērtību 0.1. Sakarība tieši norāda uz koeficienta izveides būtību, kas nosaka, ka svarīgākas ir tās virsotnes (atslēgas virsotnes), kas ir sasniedzamas no maza terapiju skaita. Tātad virsotne, kas ir sasniedzama tikai no vienas terapijas ir īpaši svarīga un to ir

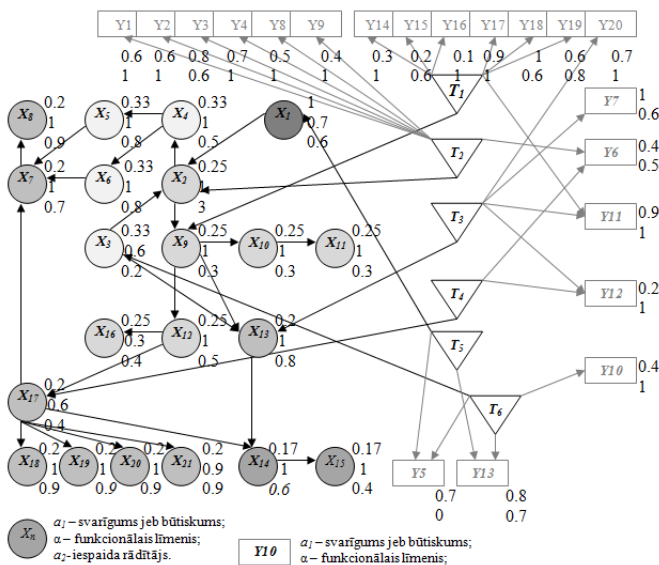
nepieciešams ievērtēt pie terapijas kompleksa izvēles. Pretēji, virsotnes, kurai ir zems rādītājs ir viegli iespaidojama un pastāv augsta varbūtība, ka tā tiks ietverta sintezētajā terapiju kompleksā. Parametra paplašināts pielietojums tiks apskatīts turpmākajā paragrāfā.



8.att. Virsotnes iespaidošanas grūtuma pakāpes atkarība no virsotnei sasniedzamo terapiju skaita

V.TERAPIJU UN TO KOMPLEKSU RAKSTURLIELUMU UN IEDARBĪBAS NOVĒRTĒJUMA DEFINĒŠANA

Papildinot topoloģiskā modeļa virsotnes ar raksturojošajiem rādītājiem, tiek iegūts daudz pilnvērtīgāks modelis (9 .att.), ko ir ērtāk apstrādāt un pielietot turpmākajos aprēķinos.



9. att. Paplašināts arteriālās hipertensijas topoloģiskais modelis

Var definēt, ka virsotņu rādītāji ir kā ieejas lielumi katras terapijas un terapiju kompleksu novērtējumam. Terapijas kompleksa izvēle balstīsies uz optimizācijas teorijas lietojumiem, kur nepieciešams izvirzīt noteiktus efektivitātes kritērijus:

A. Katras terapijas efektivitāte

Terapija pēc tās pielietojuma maina noteiktu AH topoloģiskā modeļa virsotņu funkcionālos līmeņus, tādējādi tās efektivitāte tiek noteikta apskatot visu organisma

apakšsistēmu un blakņu izmaiņas pēc terapijas iedarbes. Lai noteiktu terapijas efektivitāti tiek pielietota izteiksme 5.

$$Z_1(T_t) = \sum_{i=1}^n V_i \cdot (\alpha_i^0 + P_{it} \cdot \Delta_{it}) + \sum_{l=1}^m V_l \cdot (\beta_l^0 + P_{lt} \cdot \Delta_{lt}) \quad (5)$$

,kur

$Z_1(T_t)$ - terapijas derīguma koeficients;

V_i - virsotņu X_i svaru koeficienti;

V_l - virsotņu Y_l svaru koeficienti;

P_{it} - virsotnes X_i vērtības maiņas varbūtība pie terapijas T_t iedarbības;

P_{lt} - virsotnes Y_l vērtības maiņas varbūtība pie terapijas T_t iedarbības;

α_i^0 - X_i sākuma vērtība pirms terapijas iedarbes;

β_l^0 - Y_l sākuma vērtība pirms terapijas iedarbes;

Δ_{it} - X_i vērtības izmaiņa pēc terapijas T_t iedarbības;

$\Delta_{it} = \alpha_{it}^b - \alpha_{it}^0$

Δ_{lt} - Y_l vērtības izmaiņa pēc terapijas T_t iedarbības: ;

$\Delta_{lt} = \beta_{lt}^b - \beta_{lt}^0$

Koeficienti V_i un V_l norāda uz to, kurš no atribūtiem prevalē pie efektivitātes noteikšanas: organisma apakšsistēmu izmaiņas vai blakņu izpausmes. Koeficientu summa jābūt vienādai ar 1. Parasti, svarīgāk ir novērtēt terapijas iespaidu uz bojātām organisma funkcijām, tamdēļ lieto koeficientus $V_i=0,7$ un $V_l=0,3$.

B. Kompleksa iespaids rādītājs uz procesa būtiskajām daļām

Novērtējums parāda cik tieši un precīzi terapiju komplekss iedarbojas uz būtiskajiem sistēmas elementiem. Medicīnā, arteriālās hipertensijas gadījumā, vērtējums nosaka cik precīzi terapiju komplekss pārklāj disfunkcionālas organisma apakšsistēmas.

Lai noteiktu rādītāju ir jāapskata terapijas aptverto virsotņu spektrs un jāievērtē to nozīmības jeb bīstamības faktors a_1 . Komplekss tiek uzskatīts par vairāk efektīvu, ja tas tieši ietver būtiskās un disfunkcionālas virsotnes un mazāk skar pilnvērtīgi funkcionējošas virsotnes.

C. Terapijas kompleksa aptveršanas rādītājs

Novērtējuma būtība ir apskatīt cik lietderīgi ir veidots komplekss un vai tas apskata virsotnes, kas ir sasniedzamas tikai no neliela skaita terapiju. Vislabāk doto īpašību ir raksturot ar piemēru, izmantojot attēlu 9, kur ir redzams, ka virsotni X_1 ir iespējams sasniegt tikai no terapijas T_5 . Gadījumā ja šai virsotnei ir zems funkcionālais līmenis (bojāt organisma apakšsistēma), tad kompleksā ir nepieciešams iekļaut terapiju, kas sasniedz doto virsotni- šajā gadījumā tikai terapiju T_5 . Kompleksa aptveršanas rādītājs parāda cik oriģināla un lietderīga ir dotā terapija (jo citas neaptver grūti sasniedzamas virsotnes) salīdzinājumā ar citām terapijām, tamdēļ tā noteikšanai ir nepieciešams apskatīt terapijas radīto spektru un tā ietverto virsotņu iespaidošanas grūtuma rādītājus a_2 .

D. Terapiju kompleksa izmaksas

Izmaksas ir viens no faktoriem, ko nedrīkst aizmirst pie kompleksa sintēzes, proti, ne vienmēr ir iespējams tikai

izmantot pašus dārgākos un labākos preparātus, jo nereti pacienta budžets ir ierobežots (izteikti tas ir novērojams vecāka gadagājuma cilvēkiem, kam ir raksturīga augsta arteriālās hipertensijas izplatība). Ir nepieciešams atrast kompromisu starp efektivitāti un cenu. Lai to ievērtētu tiek ieviest kompleksa izmaksas rādītājs.

Terapiju un to kompleksu sastāda noteiktu medikamentu grupa, kuriem atšķiras cenas. Turpmākajos pētījumos ir nepieciešams noteikt vienotu terapiju un kompleksu izmaksu ranžējumu, to turpmākajam pielietojumam.

E. Terapiju kompleksa radītie blakus efekti

Rādītājs definē negatīvo terapiju kompleksa iespaidu uz sistēmas darbību (šajā gadījumā uz pacienta veselības stāvokli), ko raksturo izraisīto blakus efektu kopums. Kritērijs tiek noteikts apskatot izraisīto blakus efektu funkcionālos līmeņus (cik izteikti blakne ir radīta) un to bīstamības faktorus (cik bīstamas kopumā vērtējot ir izraisītās blaknes).

Kopumā tiek izvirzīti 5. terapiju kompleksa efektivitātes novērtējumi, kas tiek pielietoti kā kritēriji optimizācijas uzdevuma risinājumam [6]. Lai noteiktu optimālu atveseļošanas kompleksu ir iespējamas divas pieejas. Pirmkārt, ir iespējams risināt divkritēriālu optimizācijas uzdevumu, kur būtu nepieciešams agregēt kritērijus divās grupās: pozitīvie kritēriji būtu kompleksa efektivitāte, iespaids uz procesa būtiskajām daļām un aptveršanas rādītājs, bet negatīvie kritēriji būtu kompleksa izmaksas un radītie blakus efekti. Otra pieeja ir neagregēt kritērijus divās grupās, bet risināt daudz kritēriālas optimizācijas uzdevumu. Turpmākajos pētījumos eksperimentāli tiks risinātas abas pieejas, salīdzināti iegūtie rezultāti ar mērķi iegūt optimālu un objektīvu lēmumu.

VI. SECINĀJUMI UN TURPMĀKIE PĒTĪJUMU UZDEVUMI

Jebkura sistēma darbības laikā zaudē tās veikspēju, tamdēļ ir nepieciešams pielietot noteiktu korektas darbības atjaunošanu, kas ir definējama kā atveseļošana. Sistēmas darbību ir iespējams modelēt pielietojot matemātisku topoloģisko modeli. Raksta autori strādā pie atveseļošanas uzdevumu realizācijas medicīnā, kur tiek apskatīts slimības terapijas izvēles uzdevums. Lai noteiktu optimālu terapiju kompleksu, kas būtu visefektīvākais individuālam pacientam, ir nepieciešams palielināt topoloģiskā modeļa informētības līmeni. Šo līmeni ir iespējams palielināt, pielietojot grafu teorijas un ekspertu sistēmu metodikas.

Raksta ietvaros tiek izvirzīti trīs topoloģiskā modeļa raksturlielumi, kas nosaka katras virsotnes funkcionālo līmeni, tā bīstamības faktoru un iedarbības grūtuma līmeni. Dotie vērtējumi kalpo kā mainīgi katras terapijas un to kompleksu novērtējuma izpildei. Katra terapija tiek ievērtēta pielietojot piecus parametrus, kas raksturo atveseļošanas efektivitāti, iespaidu uz procesa svarīgajām daļām un aptveršanas spējam. Atlikušie divi rādītāji (terapijas izmaksas un radītie blakus faktori) definē negatīvo atveseļošanas principa raksturojumu. Apkopot šos terapiju rādītājus, tos var pielietot kā kritērijus optimālas terapijas izvēles uzdevumam.

Turpmākie metodikas pētījumi un izstrādes iekļauj:

- Izstrādāto topoloģiskā modeļa virsotņu novērtējumu mērogošana, precizēšana un praktiska pārbaude;
- Topoloģiskā modeļa virsotņu svarīguma koeficientu ieguve pielietojot ekspertu sistēmas. Medicīnas ekspertu aptaujas izveide un izpilde;
- Terapiju izmaksu ieguve pielietojot statistikas datus par terapiju izmaksām un to ietekmējošajiem faktoriem;
- Optimizācijas uzdevuma definējums un abu iespējamo variantu (divu kritēriju un daudz kritēriju optimizācija) eksperimentāla pārbaude un sākotnējo rezultātu ieguve;
- Metodikas ieviešana intelektuālajā medicīnas sistēmā.

ATSAUCES

Šis darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda atbalstu projektā «Atbalsts RTU doktora studiju īstenošanai».

LITERATŪRAS SARAKSTS

- [1] Karpics I., Markovics Z., Markovica I. Arterial hypertension therapy selection by using topological modeling and production law logic: Advanced information and telemedicine technologies for health., October 1 – 3, 2008, Minsk, Belarus. Minsk: National Academy of Sciences of Belarus;
- [2] Karpics I., Markovics Z. Improvement and Assessment of the Effective Therapy Selection Method: Proceedings of 13th International Conference "Biomedical Engineering", October 29- 30, Kaunas Lithuania. Kaunas: Technologija ;
- [3] „Latvijas iedzīvotāju kardiovaskulāro un citu neinfekcijas slimību riska faktoru šķērsgrūzuma epidemioloģisks pētījums” (1.ziņojums). Latvijas kardiologu biedrība, 2010. [Online]. Available: www.kardiologija.lv. [Accessed: Nov. 05, 2010];
- [4] Cormen, Thomas H., Leiserson, Charles E., Rivest, Ronald L. Introduction to Algorithms (1st ed.). MIT Press and McGraw-Hill, 1990;
- [5] Cormen, Thomas H., Leiserson, Charles E., Rivest, Ronald L., Stein, Clifford. Introduction to Algorithms (1st ed.). MIT Press and McGraw-Hill, 2001;
- [6] J-B. Hiriart-Urruty, W. Oettli, J. Stoer, Optimization: theory algorithms. M. Dekker, 1983;

Ivars Karpics holds a master degree in „Computer control and computer networks” (year 2008) and now is a phd. student at Riga's Technical university. Research subjects are complex system topological modeling, development of methods for recovery tasks and foundation of intellectual computer systems.

Work area includes Science assistant position at Riga's Technical university, Faculty of computer science and information technology, Institute of computer control, automatics and computer technics (Riga, Latvia). Position includes scientific research in dissertation area, lecture and laboratory work supervision of industrial control systems and robotics subjects. Paralelly half time work at SIA Arcus elektronika (Tiraine, Latvia) as Programming engineer is done (since year 2007). Position involves industrial process control software development.

European Social Fund scholarship holder since 09.2009.

Institute of computer control, automatics and computer technics

Faculty of computer science and information technology

Riga Technical university

Address: Meža street 1/3 - 333,

Riga, Latvia, LV-1048

E-mail: Ivars.Karpics@rtu.lv

Zigurds Markovics research interests: Computer Control System, Artificial Intelligent System, Robotics. Author of 148 publications.

Member of Latvian Society of Professors and Latvian Scientists Society.

Institute of computer control, automatics and computer technics

Faculty of computer science and information technology

Riga Technical university

Address: Meža street 1/3 - 332,

Riga, Latvia, LV-1048

E-mail: Zigurds.Markovics@rtu.lv

Ivars Karpics, Zigurds Markovics. Development of improvement complex influence assessment

Each system in functional work phase lose performance ratio and it's necessary to use definite correct work resumption which is defined as system recovery task. It is possible to perform system work modeling which can be based on topological model approach. Authors of this article are working on development of recovery task foundation, including medicine field, where pathogenesis evolution and therapy influence modeling is based on topological model approach. To select optimal therapies complex for individual patient, it is necessary to increase mathematical model information level, which can be done by using methods of graph theory and expert systems.

Within the case of this article and recent research, authors propose three topological model descriptions, which define each model node functional level, dangerous or importance and embarrassment level. These parameters are used as variables to evaluate each therapy and therapies complex assessment. To estimate recovery complex, criteria are moved forward and they describe complex efficiency, influence rate to process essential parts and comprehension level. Additional two criteria describe complex costs and induced side effects. By summarizing and scaling these parameters it is possible to solve two criteria or multi criteria optimization task which can lead to optimal and objective therapies complex selection.

Иварс Карпич, Зигурд Маркович. Оценивание эффективности комплексов выздоровления

Любая система во время работы теряет свою производительность и поэтому необходимо применить определённый комплекс мероприятий для восстановления нормальной работоспособности, характеризуемый как выздоровление.

Работу системы возможно моделировать применяя математическую топологическую модель. Авторы статьи работают над реализацией заданий по выздоровлению, в том числе также и в медицине, где рассматривается задача по выбору терапии при определённой болезни. Чтобы определить оптимальный комплекс терапий который был бы наиболее эффективным для индивидуального пациента нужно увеличить степень информированности топологической модели. Данный уровень возможно увеличить применяя методологии теории графов и экспертных систем. Экспертные системы применяются потому что не существует других методологий для определения необходимых показателей.

В статье выдвигаются три характеризующие величины топологической модели которые определяют функциональный уровень каждой вершины, уровень его опасности, и уровень сложности возможности воздействия. Данные оценки служат переменными для оценки применения каждого комплекса терапий. Каждая терапия оценивается, применяя пять параметров, которые характеризуют эффективность выздоровления, воздействия на важные части объекта и степень охватывания. Оставшиеся два параметра (стоимость терапии и побочные факторы) определяют негативную характеристику соответствующего принципа выздоровления.

Обобщив данные величины их можно использовать как критерии для задачи по выбору оптимальной терапии.