

# CALCULATION OF FINAL EVALUATION IN THE HIGHER EDUCATION SYSTEM

## GALA DARBU NOVĒRTĒJUMA IZSKAITĻOŠANAS VARIANTS AUGSTSKOLAS MĀCĪBU PROCESĀ

I. Karpičs, Z. Markovičs

### Ievads

Studiju gala darbu (inženierprojektus, bakalaura darbus, maģistra darbus u.c.) vērtēšanu veic kolektīvi. Tiek veidota vērtēšanas komisija, kas sastāv no pasniedzējiem un ražošanas uzņēmuma pārstāvjiem. Komisijas locekļu skaits parasti ir no 5 līdz 10, retāk 12 vai vairāk. Komisijas darbības mērķis ir individuālo vērtējumu agregācijas rezultātā izstrādāt gala atzīmi. Komisijas savu darbu veic, bet bieži vien studenti paliek neapmierināti par komisijas it kā lielo subjektivitāti.

Šajā darbā autori sniedz problēmas savu skatījumu un programmu sākotnējo atzīmju matemātiskai apstrādei, rezultējošās atzīmes agregācijai uz šīs apstrādes pamata ar mērķi tuvoties objektīvākam darba novērtējumam.

### Problēmas nostādne

Vērtēšanas komisijas darba analīze rāda, ka pašreizējai praksei piemīt vairāki trūkumi:

- individuālie vērtējumi ir subjektīvi un tos var iespaidot nepamatoti pozitīva vai negatīva eksperta attieksme pret gala darba autoru;
- rezultējošā atzīme tiek agregēta no individuālajiem vērtējumiem bez nopietnas matemātiskās apstrādes;
- vienīgā matemātiskā metode- vidējā aritmētiskā lieluma aprēķināšana ir visai triviāls paņēmieni un nav korekts ļoti maza skaita subjektīvu vērtējumu gadījumā.

Problēmas risinājums rodams matemātisko metožu pielietojumā, ko nodrošinātu viegli pieejama datorprogramma. Var secināt, ka situācija, kad ir subjektīvie individuālie vērtējumi, kad vērtētāji ir savas nozares speciālisti un to skaits ir neliels un kad nav citas objektīvākas vērtēšanas metodes, atbilst ekspertu novērtējumu sistēmām, konkrētāk vērtēšanas procedūrām. Tādēļ būtu lietojama matemātika, kas postulētu šādām ekspertu sistēmām, un ir domāta ekspertu datu apstrādei [1, 2].

Vieglākai adaptācijai turpmāk vērtēšanas komisiju sauksim par ekspertu komandu, bet vērtējamos studentu gala darbus par objektiem.

Strādājot ekspertu novērtējumu sistēmas vidē, jāievēro daži postulāti. Svarīgākais no tiem: ar ekspertu sākotnēji dotajiem individuālajiem vērtējumiem var veikt tālākas matemātiskas darbības tad un tikai tad, ja ir konstatēta pietiekoši liela viedokļu sakritība un tā ir statistiski ticama. Tas nozīmē, ka ekspertu dotais datu masīvs nav nejauša vērtējumu kopa. Pretējā gadījumā ir vai nu jāuzlabo sākotnējo datu kvalitāte ar dažādām brāķēšanas metodēm, vai arī jāatsakās no šo datu tālākas izmantošanas. Tātad ekspertu vienprātības pakāpes aprēķins un novērtējums ir būtiska kopējās procedūras sastāvdaļa. Turpmāk tam būs veltīti vairāki paņēmieni.

Sistēmas rekomendēto gala vērtējumu var uzskatīt par matemātiski pamatotu, ja tajā tiek realizētas ekspertu novērtējuma sistēmu matemātiskās metodes, kuras ļauj operēt ar šādiem vērtējumiem.

Šādai pieejai ir bijusi kritika ar norādēm, ka ar atzīmju masīvu matemātiski neko nedrīkst darīt, kā pamatojums ir minēts atzīmju subjektīvais raksturs un tas, ka atzīmes ir veseli skaitļi (mūsu gadījumā no 1 līdz 10).

Autori turas pie uzskata, ka šie nav pārlicinoši argumenti. Pirmkārt, ne tikai izglītības sistēmā esošās atzīmes, bet visi ekspertu dati ir ar subjektivitātes devu. Eksperti (cilvēki) šeit darbojas kā mērinstrumenti, diemžēl ar subjektīvo kļūdu. Un tieši šiem gadījumiem ir radīta matemātikas nozare, kas saucas ekspertu novērtējuma sistēmas. Otrkārt veseli skaitļi ir arī rangi un rangū skala pieder pie visai vājas skalu kategorijas. Neraugoties uz to, eksistē reducētie rangi, vidējie rangi, rangū summas utl., kas ne vienmēr ir veseli skaitļi.

Bez tam izglītības sistēmā tāpat eksistē vidējās atzīmes un vidējās svērtās atzīmes, kas arī nav veseli skaitļi. Tās ir izrēķinātas no sākotnējām atzīmēm, kas ir veseli skaitļi. Vidējās svērtā atzīme tiek izrēķināta no visā mācību procesā iegūtajām atzīmēm un no mācību priekšmetu apjomiem. Ar likumu noteikts, ka šādu atzīmi ar divām decimālajām zīmēm aiz komata ieraksta studenta diploma pielikumā blakus gala darba atzīmei, kas ir vienkārša atzīme- vesels skaitlis. Ar šīm atzīmēm students var ceļot pa daudzām valstīm (ar kurām ir attiecīgi līgumi) un šīs atzīmes tur tiek respektētas.

### **Vērtēšanas procedūras makro algoritms**

Vērtējamās gala darbus jeb objektus apzīmēsim ar  $x_i$ ,  $i = 1, \dots, n$ , vērtētājus, jeb ekspertus apzīmēsim ar  $e_j$ ,  $j = 1, \dots, m$ , individuālos vērtējumus, ko  $j$ -tais eksperts sniedzis  $i$ -tajam objektam apzīmēsim ar  $y_{ji}$ . Piedāvātais vērtēšanas procedūras makro algoritms sastāv no vairākiem soļiem:

1. Katrs eksperts novērtē pirmo objektu izglītības sistēmā pieņemtajā 10 ballu skalā, jeb ieliek savu sākotnējo individuālo atzīmi  $y_{ji}$ ;

2. Eksperti apspriežas un kolektīvi nolemj, ka šādas kvalitātes darbu novērtē ar noteiktu galīgu atzīmi. Šī ir ekspertu vērtējumu skalu saskaņošana vienā punktā un ir virzīta uz lielākas vienprātības sasniegšanu, kā to praktizē arī sporta sacensībās tiesnešu brigādes daiļslidošanā, mākslas vingrošanā, sinhronajā peldēšanā u.c.

3. Eksperti vērtē individuāli visus parējos objektus, izliekot atzīmes  $y_{ji}$ ;

4. Kad visi objekti novērtēti, zināšanu inženieris (var būt komisijas sekretārs) ievada sākotnējos ekspertu vērtējumus, vadītāja un recenzenta vērtējumus datorā un aprēķina ekspertu vienprātības pakāpi (šī un citas aprēķinu metodikas sīkāk tiks izklāstītas zemāk);

5. Zināšanu inženieris novērtē vienprātības pakāpi pēc lieluma un pēc statistiskās ticamības. Ja novērtējums ir pozitīvs, tad var veikt turpmākos aprēķinu. Ja rezultāti ir neapmierinoši, tad jāveic datu vai ekspertu brāķēšana līdz vienprātības koeficients iegūst pietiekamu lielumu;

5a. Datorprogramma veic sākotnējo datu brāķēšanu;

5b. Datorprogramma veic atsevišķo ekspertu brāķēšanu;

6. No palikušā datu masīva datorprogramma veic matemātiskās cerības aprēķinu katram objektam;

7. Noapaļojot iegūtos rezultātus līdz veselām atzīmēm, iegūst gala atzīmju pirmo tuvinājumu;

Ja iegūtais pirmais tuvinājums nerada iebildumus, neskaidrības vai protestus, to var pieņemt par galīgo rezultātu un procedūru beigt. Diemžēl tas gadās samērā reti, tādēļ procedūru var turpināt ar papildus pasākumiem.

8. Ekspertiem lūdz saranžēt objektus, neskatoties uz iepriekš piešķirtajām individuālajām atzīmēm. Situācija var būt ar t. s. sakrītošajiem rangiem (sakrītošo rangu problēma tiks apskatīta zemāk);

9. Datorprogramma veic ekspertu vienprātības pakāpes aprēķinu ranžētajām rindām;

10. Datorprogramma veic vērtējumu aprēķinu no ranžētajām rindām.

11. Papildpasākuma novērtējums

11.a. Papildpasākuma iegūtais vērtējums der kā papildus informācija, lai koriģētu noapaļošanas procedūru 7. soļa rezultātiem, jo smalkāk ievēro katra objekta pārākumu pār citiem;

11. b. Rezultātus, kas iegūti 10. solī var izmantot arī citādāk, proti: agregēt 3 lielumus ar nosvērtās summas metodi. Šie lielumi ir:

- matemātiskā cerība (7. soļa rezultāti);

- studentu vidējā svērtā atzīme, kas aprēķināta no visām studiju procesā iegūtajām atzīmēm;

- aprēķinātās balles no ranžējuma (10. soļa rezultāti);

Šī metode paredz svāra koeficientu izmantošanu visām 3 atzīmēm. Svāra koeficientus nosaka eksperti;

12. Datorprogrammas aprēķinātās gala atzīmes (7., 11.a., 11.b. soļu rezultāti) ir tikai rekomendācijas. Galīgo atzīmi tik un tā nosaka ekspertu komanda, vajadzības gadījumā pat balsojot par tās vai citas atzīmes izlikšanu.

## Datu matemātiskā apstrāde:

### Atzīmju brāķēšana

Tiek apstrādāts sākotnēji piešķirto atzīmju masīvs. Procedūras mērķis ir noteikt un izslēgt tos vērtējumus, kas neiekļaujas atzīmju kopējā ansablī. Atzīmju brāķēšanas algoritms kopumā sastāv no 8. soļiem:

1. Nosaka sākotnējo aritmētisko vidējo vērtību katram objektam pēc sākotnējām visu

ekspertu dotajām atzīmēm:  $M_s = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m y_{ji}$  ;

2. Nosaka visas diferences jeb starpības starp noteikto vidējo vērtību un visām ekspertu piešķirtajām atzīmēm:  $\Delta_j = M_s - y_{ji}$  ;

3. Atrod maksimālo  $\Delta_j \max$  , to apzīmē ar  $\hat{y}_{ji}$  un uz laiku izslēdz;

4. Rēķina aritmētisko vidējo atzīmi atlikušajiem datiem:  $\bar{M} = \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^{m-1} y_{ji}$  ;

5. Nosaka vidējo kvadrātisko novirzi:  $\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum (\bar{M} - y_{ji})^2}{(m-1)-1}}$  ;

6. Tālāk tiek aprēķināts  $t_{apr} = \frac{\hat{y}_{ji} - \bar{M}}{\bar{\sigma}}$  ;

7. Lēmuma pieņemšanai par lielumu  $\hat{y}_{ji}$  derīgumu lieto t. s. Stjudenta kritēriju, kas domāts empīrisku rezultātu un t- sadalījuma atbilstības pārbaudei. Savukārt t- sadalījums ir īpatnējs, no normālā sadalījuma atšķirīgs sadalījums nelielām paraugkopām  $m < 30$  (pie  $m > 30$  tas pāriet normālā sadalījumā). Lielumu  $t_{apr}$  salīdzina ar kritiskām vērtībām  $t_{tab}$  no Stjudenta kritērija tabulām pie  $\nu = h - 1$  brīvības pakāpēm ( $h$  ir atlikušo datu skaits) un ar varbūtībām 0,95, 0,99 vai 0,999. Ja  $t_{tab} < t_{apr}$ , tad

eksperimentālie dati atbilst  $t$ - sadalījumam, resp. lielums  $\hat{y}_{ji}$  iekļaujas sadalījumā un ir jāliek atpakaļ datu masīvā. Ja  $t_{apr} > t_{tab}$ , tad  $\hat{y}_{ji}$  ir nevēlams un to ir nepieciešams izslēgt no tālākajiem aprēķiniem;

8. Algoritmu turpina ar atlikušajiem datiem, līdz neviena atzīme netiek izbrāķēta.

#### *Konkordācijas koeficienta aprēķins no ekspertu piešķirtajām atzīmēm*

Pēc atzīmju brāķēšanas atzīmju tabulai var iztrūkt vairāki vērtējumi. Neskatoties uz to, šim datu masīvam var noteikt konkordācijas koeficientu, kas parāda ekspertu vienprātības pakāpi. Aprēķins balstās uz Spirmena rangu korelācijas metodi [3] un Kendala konkordācijas koeficienta noteikšanas metodi visam ekspertu kolektīvam kopumā [4]. Eksperti var dot arī vienādus vērtējumus vairākiem darbiem, tāpēc jāapskata gadījums ar vienādiem vērtējumiem jeb t.s. sakrītošajiem rangiem.

1. Veic objektu ranžējumu izmantojot piešķirtās atzīmes;

2. Aprēķina reducētos rangus, gadījumā ja atzīmes sakrīt diviem vai vairākiem objektiem. Ja diviem objektiem ir vienādas atzīmes un tie varētu, piemēram, aizņemt 4. un 5. vietu, tad katram no tiem reducētais rangs būs  $(4+5)/2 = 4,5$ ;

3. Nosaka konkordācijas koeficientu pēc formulas:

$$W = \frac{S}{S_{\max}} = \frac{\sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^m r_{ji} - \frac{1}{2} m(n+1) \right\}^2}{\frac{1}{12} m^2 (n^3 - n) - m \sum_j T_j}, \text{ kur } r_{ji} \text{ ir } j\text{-tā eksperta piešķirtais rangs } i\text{-tajam}$$

objektam, savukārt  $T_j$  nosaka pēc formulas:  $T_j = \frac{1}{12} \sum_{ij} (t_j^3 - t_j)$ , kur  $t_j$ -rangu atkārtotais skaits

$j$ -tā eksperta dotajā rindā. Atrastā koeficienta vērtības ir diapazonā  $0 \leq W \leq 1$ . Ja tas ir zem 0,5- tad ir zema vienprātība, ja lielāks par 0,5- tad ir pieņemama vienprātība. (Iespējamās arī noteikt citas sliekšņu vērtības);

4. Atrastā koeficienta statistisko ticamību pārbauda, izmantojot Pīrsona koeficientu  $\chi^2$ , ko lieto normālā sadalījuma un empīriskā sadalījuma (eksperimentālo rezultātu) atbilstības pārbaudei. Lielumu  $\chi^2$  var izteikt kā minēto sadalījumu starpību kvadrātu summu. Eksperimentālajiem datiem izrēķina  $\chi_{apr}^2$  pēc noteiktām formulām un salīdzina ar kritiskām

Pīrsona kritērija vērtībām, kas atrodamas tabulās.  $\chi_{apr}^2 = \frac{S}{\frac{1}{12} mn(n+1) - \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^m T_j}$ , kur  $S$ -

skaitītāja daļa no konkordācijas koeficienta noteikšanas formulas.  $\chi_{tab}^2$  atrod Pīrsona koeficientu tabulā pie brīvības pakāpes  $\nu = n-1$ , un varbūtības: 0,95, 0,99 vai 0,999. Ja  $\chi_{tab}^2 < \chi_{apr}^2$ , tad starp empīrisko un normālo sadalījumu nav būtiskas atšķirības, resp., starpībai starp abiem sadalījumiem ir gadījuma raksturs. Mūs interesē pretējā situācija: konkordācijas koeficients ir statistiski ticams, ja ekspertu dotais ieejas materiāls nav nejaušu sadalījuma skaitļu sakopojums, bet gan atspoguļo būtisku domu sakrītību. Ja  $\chi_{tab}^2 > \chi_{apr}^2$ , tad hipotēze par ekspertu domu sakrītību, ko reprezentē konkordācijas koeficients  $W$ , pieņem ar varbūtību 0,95, 0,99 vai 0,999. Tas nozīmē, ka atrastā vienprātības pakāpe bāzējas būtiskā domu sakrītībā un pamatotos ekspertu viedokļos un tā nav nejaušība, ko reprezentē gadījuma skaitļi.

### Ekspertu brāķēšana

Ja konkordācijas koeficients  $W$  ir mazāks par 0,5 vai tas nav statistiski ticams, tad nepieciešams veikt ekspertu brāķēšanas procedūru. Pēc kārtas uz pagaidu laiku izslēdz katru ekspertu un tā dotos vērtējumus. Tiek pārrēķināts konkordācijas koeficients un statistiskā ticamība. Ja iegūto rezultāti ir pieņemami, tad algoritms beidz darbu, ja nav pieņemami (ir zema ekspertu vienprātība vai dati nav statistiski ticami), tad atkārtoti algoritma izpildi līdz rezultāti ir pieņemami.

### Matemātiskās cerības noteikšana

Ja rēķina  $i$ - tā objekta vidējo aritmētisko, tad katram ekspertu dotajam vērtējumam  $y_{ji}$  ir savs svars:  $1/m$  gadījumā, ja piedalās  $m$  eksperti. Jo mazāks ir  $m$ , jo relatīvi lielāks svars ir katram subjektīvam vērtējumam. Tādēļ ir ieteikts meklēt vērtējuma matemātisko cerību, t. i.,

ievērtēt katra  $y_{ji}$  parādīšanās varbūtību  $\bar{y}_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m p_{ji} y_{ji}$  [5]. Varbūtības  $p_{ji}$  var novērtēt no

nejaušo lieluma sadalījuma likumu. Ja pieņem normālo sadalījumu likumu, tad varbūtības var novērtēt ar  $p_{ji} = \frac{a}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2\sigma^2}(\bar{y}_i - y_{ji})^2\right]$ , kur  $\sigma$ - vidējā kvadrātiskā novirze. Risinot kopā abus vienādojumus un ievietojot vidējās kvadrātiskās novirzes izteiksmi

$$\sigma^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m (\bar{y}_i - y_{ji})^2, \text{ iegūstam gala formulu : } y_i = \frac{\sum_{i=1}^m y_{ji} \exp\left[-\frac{(y_{ik-1} - y_{ji})^2 (m-1)}{2 \sum_{j=1}^m (y_{ik-1} - y_{ji})^2}\right]}{\sum_{i=1}^m \exp\left[-\frac{(y_{ik-1} - y_{ji})^2 (m-1)}{2 \sum_{j=1}^m (y_{ik-1} - y_{ji})^2}\right]} \quad \text{Šo}$$

vienādojumu risina ar iterāciju metodi, katrā nākošajā solī liekot  $y_{ik-1}$  vietā iepriekšējā solī atrasto  $y$  vērtību. Pirmajā solī  $y_{ik-1}$  vietā liek aritmētisko vidējo. Process beidzas pēc  $\mu$  iterācijām,  $k = 1, \dots, \mu$ , ja  $|y_{i\mu} - y_{i\mu-1}| \leq \lambda$ , kur  $\lambda$ - vērtējumu uzdošanas kļūda.

### Objektu ranžēšana

Ekspertiem lūdz saranžēt objektus (gala darbus). To var darīt neatkarīgi no iepriekš izliktajām atzīmēm, precīzāk, darbiem var piešķirt dažādus rangus arī situācijās, kad tiem izliktas vienādas atzīmes. Tas nozīmē, ka vērtējums var būt smalkāks, niansētāks.

Konkordācijas koeficienta un statistiskās ticamības aprēķini šim rangū masīvam ir tādi paši kā doti iepriekš atzīmju gadījumā.

### Kvantitatīvo vērtējumu iegūšana no rangū skalām

Kvantitatīvais vērtējums no rangū masīva nepieciešams lai iegūtu papildus vērtējumu katram objektam [6]. Sākumā nepieciešams norādīt diapazonu, kurā tiks sadalītas atzīmes. Tad nosaka rangū summu ( $R_i$ ) katram objektam. Objektam ar mazāko rangū summu piešķir apzīmējumu  $y_s$ , darbam ar vislielāko rangū summu piešķir  $y_o$  un attiecīgi rangus apzīmē ar  $R_s$  un

$R_o$ . Katra objekta atzīmi nosaka pēc formulas:  $y_i = y_0 + \frac{R_i - R_0}{R_s - R_0}(y_s - y_0)$ . Vērtības  $y_s$  un  $y_0$  var izvēlēties brīvi, pieskaņojoties kādam konkrētam atzīmju diapazonam.

### Vidējās svērtās atzīmes aprēķins

Vidējā svērtā atzīme ir ar likumu pieņemta studenta gala atzīme. Šī atzīme parāda kopējo studenta novērtējumu, kas ir iegūts visā mācību procesā. Šo svērtā atzīmi iegūst pēc formulas:

$$a_{vs} = \frac{\sum_{s=1;n} a_s k_s}{\sum_{s=1;n} k_s}, \text{ kur } a_s - s\text{-tā priekšmeta atzīme un } k_s - s\text{-tā priekšmeta kredītpunkti, kas}$$

izsaka studiju priekšmeta apjomu.

### Algoritma praktiskā realizācija

Programma sastāv no apakšlogiem, kuri kļūst aktīvi līdz ko tiek izpildīti noteikti programmas izpildes nosacījumi. Sākumā ir aktīvi divi logi- studentu un ekspertu ievades logi. Programmas lietotājam nepieciešams ievadīt informāciju par visiem studentiem un ekspertiem. Datu ievades laukiem realizēti kļūdu novēršanas algoritmi, lai nevarētu ievadīt aplamu informāciju.

### Atzīmju ievades logs

Ievadot kaut vienu studentu un vienu ekspertu aktīvs paliek atzīmju ievades logs (1. att.). Atzīmes jāievada ar roku dotajā atzīmju tabulā. Papildus arī jāievada studenta gala darba vadītājā atzīme un recenzenta atzīme. Realizēta kļūdu novēršana (var ievadīt tikai skaitli no 1 līdz 10).

Studenti \ Eksperti	1J.L.	2E.L.	3S.E.	4A.K.	5Z.V.	6J.B.	7J.V.	Rec	Vad
1. J. Strauts	8	7	7	8	7	8	9	8	8
2. E. Koks	8	8	7	8	7	8	8	8	8
3. G. Zars	8	8	8	9	9	9	9	9	9
4. A. Vitols	8	8	8	8	7	7	8	8	9
5. A. Liepa	7	8	8	7	8	8	8	8	8
6. A. Zieme	10	9	10	8	9	10	9	9	10
7. G. Jurnieks	8	8	8	7	7	7	7	8	8

1. att. Atzīmju ievades logs

Studenti \ Eksperti	1J.L.	2E.L.	3S.E.	4A.K.	5Z.V.	6J.B.	7J.V.	Rec	Vad
1. J. Strauts	8	7	7	8	7	8	9!!	8	8
2. E. Koks	8	8	7!!	8	7	8	8	8	8
3. G. Zars	8	8	8	9	9	9	9	9	9
4. A. Vitols	8	8	8	8	7	7	8	8	9!!
5. A. Liepa	7!!	8	8	7	8	8	8	8	8
6. A. Zieme	10	9	10	8!!	9	10	9	9	10
7. G. Jurnieks	8	8	8	7	7	7	7	8	8

Ekspertu vienprātības pakāpe W= 0,68

Statistikās ticamības pārbaude

2,365 ( tab ) < 28,35 ( apr )

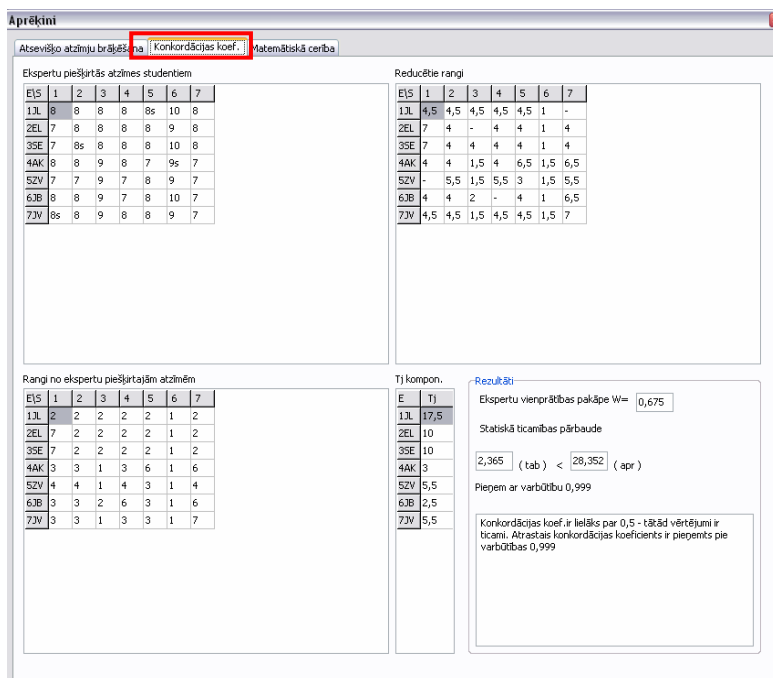
Pieņem ar varbūtību 0,999

2. att. Izbrāķēto atzīmju izvades logs

### Atzīmju brāķēšanas logs

Apstiprinot atzīmes, aktīvs kļūst atzīmju brāķēšanas un vienprātības pakāpes logs (2. att.). Tiek izvadīta tā pati atzīmju tabula, bet izbrāķētajām atzīmēm tiek pievienota „!!” zīmes. Šīs

izbrāķētās atzīmes no tālākajiem aprēķiniem izslēdz. Loga apakšējā daļā tiek izvadīts konkordācijas koeficients un statistiskā ticamība. Ja lietotājs vēlas iegūt pilnāku informāciju par algoritmu izpildes starp un gala rezultātiem, tad nepieciešams uzspiest uz pogas „Apskatīt starprezultātus”. Logā tiek izvadīta informācija par brāķētajām atzīmēm, konkordācijas koeficientu, statistisko ticamību un matemātiskās cerības aprēķinu. 3. attēlā redzams ekspertu vienprātības, jeb konkordācijas koeficienta aprēķina gaitas apakšlogs.



3. att. Starprezultātu izvades logs

### Matemātiskās cerības aprēķins

Apakšlogā tiek rēķināta matemātiskā cerība katram objektam (4. att.). Tabulā izvada katra objekta vienkāršo aritmētisko vidējo atzīmi, matemātiskās cerības vērtību un kvadrātisko novirzi datu kontrolei. Matemātiskā cerība daudz reālāk attēlo iespējamo gala rezultātu no visām atzīmēm. Aprēķinos ievēro, ka visiem objektiem var arī nebūt vienāds skaits atzīmju.

### Papildus procedūra

Procedūras mērķis ir iegūt papildus vērtējumu katram objektam. To iespējams iegūt, saraņķējot visus darbus, neatkarīgi no iepriekš ieliktajām atzīmēm. Iegūtajiem ranķējumiem tiek rēķināts konkordācijas koeficients un statistiskā ticamība. No ranķējuma rindām, izmantojot atzīmju iegūšanas metodi ar lielumiem  $y_s$ ,  $y_o$ ,  $R_s$  un  $R_o$ , iegūst papildus vērtējumu katram darbam (5. att).

**Aprēķini**

Atsevišķo atzīmju brāķēšana Konkordācijas koef. **Matemātiskā cerība**

Ekspertu piešķirtās atzīmes studentiem

Studenti	1JL	2EL	3SE	4AK	5ZV	6JB	7JV	Rec	Vad
1. J. Strauts	8	7	7	8	7	8	-	8	8
2. E. Koks	8	8	-	8	7	8	8	8	8
3. G. Zars	8	8	8	9	9	9	9	9	9
4. A. Vitols	8	8	8	8	7	7	8	8	-
5. A. Liepa	-	8	8	7	8	8	8	8	8
6. A. Zieme	10	9	10	-	9	10	9	9	10
7. G. Jurnieks	8	8	8	7	7	7	7	8	8

Iegūtie rezultāti

Studenti	Vid. Aritm	Matem. cerība	Kvadrāt. nov.
1. J. Strauts	7,625	7,722	0,282
2. E. Koks	7,875	7,962	0,29
3. G. Zars	8,667	8,781	0,289
4. A. Vitols	7,75	7,872	0,306
5. A. Liepa	7,875	7,962	0,29
6. A. Zieme	9,5	9,5	0,267
7. G. Jurnieks	7,556	7,606	0,268

4. att. Matemātiskās cerības aprēķina logs

**Aprēķini**

Konkordācijas koef. **Kvantitatīvie rādītāji**

Informācija par rangiem

Eksperti/Studenti	1JL	2EL	3SE	4AK	5AL	6AZ	7GJ
1. J. Strauts	1,5	1,5	3,5	3,5	5,5	5,5	7
2. E. Koks	3	1	3	3	6	6	6
3. G. Zars	5,5	3	1	3	3	5,5	7
4. A. Vitols	1	2	3,5	5,5	5,5	7	3,5
5. A. Liepa	3	1	3	5,5	5,5	7	3
6. A. Zieme	3,5	3,5	1,5	1,5	5,5	5,5	7
7. G. Jurnieks	1	2	3,5	3,5	5,5	5,5	7
Rangu summa	18,5	14	19	25,5	36,5	42	40,5
Papildus vērtējums	9,11	9,44	9,07	8,58	7,75	7,33	7,45

Piešķirto vērtējumu diapazona robežas:

Minimālais vērtējums Yo: 7,3333

Maksimālais vērtējums Ys: 9,4444

Studentu rezultējošo rangi minimums un maksimums:

Minimālā rangi summa Ro: 14

Maksimālā rangi summa Rs: 42

5. att. Papildus vērtējumu ieguves logs

### Gala rezultātu iegūšana

Pēdējā no metodes sadaļām (programma apakšlogiem) ir gala vērtējumu ieguve (6. att.). Tabulā tiek izvadīta sekojoša informācija:

- Visu studentu uzvārdi;
- Vidējā svērtā atzīme, kas iegūta beidzot mācības;
- Iegūtā matemātiskā cerība;
- Papildus atzīme, kas noteikta pēc darbu ranžēšanas procedūras;
- Studenta darba gala atzīme

Lai iegūtu gala atzīmi, lietotājam jānospiež poga „Iegūt gala vērtējumu”. Pirms vērtējuma iegūšanas nepieciešams norādīt katras gala atzīmes komponentes svāra koeficientu. Vidējās svērtās atzīmes, matemātiskās cerības un papildus atzīmes svāru koeficientu summai jābūt vienādam ar 1. Katrs ekspertu kolektīvs šos svāru koeficientus var izvēlēties pēc sava uzskata. Pēc autoru domām vislielākais svārs pienākas matemātiskai cerībai. Tās aprēķinu iterācijas process norāda, ka rezultāts pakāpeniski tuvojas nostabilizētai vērtībai, kas varētu reprezentēt ekspertu kolektīva hipotētisko kopējo domu.

Vismazākais svārs būtu nosakāms vidējais svērtajai atzīmei, jo tā nav cieši saistīta ar gala darbu, bet pilnīgi ignorēt to nevajadzētu.

Vispār bez pēdējā aprēķina var arī iztikt un gala atzīmi izlikt bez datora palīdzības, noapaļojot matemātiskās cerības atzīmi. Pārējās divas komponentes- vidējo svērtā un papildus atzīmi izmantojot kā arguments pie noapaļošanas.

Studenti	Vid.Sv.Atz.	Matem. Cerība	Atzīme pēc ranž.	Rezultējošā atzīme	Noapaļota rez. atz.
1. J. Strauts	9,12	7,72	9,11	8,28	8
2. E. Koks	8,65	7,96	9,44	8,48	8
3. G. Zars	7,13	8,78	9,07	8,7	9
4. A. Vitols	8,42	7,87	8,58	8,14	8
5. A. Līpa	7,52	7,96	7,75	7,85	8
6. A. Ziema	8,64	9,5	7,33	8,76	9
7. G. Jurnieks	7,34	7,61	7,45	7,53	8

Vidējās svērtās atzīmes svara koef.   
 Matemātiskās cerības atzīmes svara koef.   
 Kvantitatīvās atzīmes svara koef.

Iegūt gala vērtējumu

6. att. Gala rezultātu noteikšanas logs

## Secinājumi

Darba mērķis bija izstrādāt datorprogrammu, kas palīdzētu ekspertu kolektīvam pieņemt lēmumu par studenta gala darba atzīmi. Līdz šim studenta gala atzīmes noteikšanas mehānisms ir visai neobjektīvs un matemātiski neprecīzs, jo gala atzīme tiek noteikta tikai kā vidējā aritmētiskā no sniegtajiem vērtējumiem. Darba autori piedāvā programmatūras risinājumu, kurā ir iekļauti vairāki ekspertu datu apstrādes algoritmi, kas uzlabo novērtējuma kvalitāti. Tika izskatīti un iekļauti algoritmi, kas brāķē atzīmes, nosaka vienprātības koeficientu, statistisko ticamību un vidējo atzīmi nosaka, izmantojot matemātisko cerību. Tāpat tika iekļauts papildus vērtējuma iegūšanas algoritms no ranžējuma. Rezultātā gala atzīmi ir iespējams noteikt kā trīs objektīvizētu atzīmju noteiktu kopumu. Katrai atzīmei (vidējai svērtajai, matemātiskās cerības atzīmei un papildus kvantitatīvajam vērtējumam) nosakot noteiktu svara koeficientu iegūst studenta gala darba rekomendēto atzīmi. Galīgo atzīmi tomēr vajadzētu noteikt ekspertu kolektīvam kā juridiski atbildīgai institūcijai par vērtēšanas procesu kopumā.

Izstrādātā programma ir praktiski pielietota studentu gala darba vērtēšanā. Datorprogrammai pievienota instrukcija lietotājam. Vispār no lietotāja tiek prasīts visai maz darbību: ievadīt sākotnējo atzīmju masīvu un ranžētās rindas papildmasīvā. Šī datorprogramma var būt pieņemama arī studentiem, jo to gala darba vērtējumu iegūst, izmantojot daudz objektīvākas metodes, nekā vienkārša ekspertu kolektīva diskusija.

## Literatūra

1. Neil J. Salkind, K. Rasmussen /Encyclopedia of measurement and statistics, Thousand Oaks, Calif., Sage publications 2007, 1416. lpp.;
2. S. D. Bešeļevs, F. G. Gurvičs / Ekspertu novērtējumu matemātiskās statistikas metodes, Maskava, Statistika, 1974.g, 264. lpp.;
3. N. J. Crichton / Information point: Spearman's rank correlation. Journal of clinical nursing, 61- 66. lpp.;
4. M. G. Kendall, JD Gobbons Correlation methods (5th edition). London, Arnod 1990, 114- 121. lpp.;

5. A. N. Voronins. Ekspertu vērtējuma datu masīva apstrādes metodes // Ergatiskās vadības sistēmas, Kijeva, 1974, 97- 103. lpp.;
6. J. M. Makarovs, V. M. Ozernop, A. P. Jastrebovs Sarežģītu automātiskās vadības sistēmu uzbūves principu izvēlē uz ekspertu novērtējuma pamata, Automātika un telemehānika, 1971, 128- 137. lpp.

**Ivars Karpich**, master's student  
Riga Technical University,  
Faculty of Computer Science and Information Technology  
Institute of Computer Control, Automatics and Computer Technics  
Address: Meza str. 1/3, LV 1048 Riga, Latvia  
E-Mail: fstein@inbox.lv

**Zigurds Markovitch**, professor  
Riga Technical University  
Faculty of Computer Science and Information Technology  
Institute of Computer Control, Automatics and Computer Technics  
Address: Meza str. 1/3, LV 1048 Riga, Latvia  
E-mail: markovic@egle.cs.rtu.lv

***Karpičs I., Markovičs Z., Gala darbu novērtējuma izskaitļošanas variants augstskolas mācību procesā.***

*Darbā apskatīta studentu gala darbu novērtējuma sistēma, kuras pamatā ir ekspertu novērtējumu sistēmu matemātiskās metodes analīzes algoritmi. Parasti studentu gala darba novērtējums tiek pieņemts kā vidējais aritmētiskais vērtējums no visu ekspertu vērtējumiem. Šāda lēmumu pieņemšanas metode ir ļoti subjektīva. Darba ietvaros izstrādāta programmatūra, kurā iekļauts datu brāķēšanas algoritms, vienprātības koeficienta noteikšanas algoritms, kā arī vidējā atzīme tiek noteikta pēc matemātiskās cerības metodes. Papildus piedāvāts un realizēts darbu ranžēšanas algoritms, kura rezultātā iegūst papildus kvantitatīvo vērtējumu. Rezultātā tiek iegūta gala atzīme, kas ir daudz objektīvāka un matemātiski precīzāka. Šāda veida lēmumu atbalsta sistēma, novērš lēmuma pieņemšanas neprecizitātes un uzlabo gala rezultāta precizitāti.*

***Karpich I., Markovitch Z., Calculation method of final evaluation in the higher education system.***

*In this paper the assessment system of students' final work is described which is based on algorithms of mathematical data analysis. Usually students' final work assessment is accepted by all experts as arithmetical mean. This method of decision making is very subjective. The computer software is worked out during the process of writing the work. The computer software includes data rejection of spoilage and algorithm of determination of factor unanimity, and the average mark is computed with mathematical hope method. In addition the algorithm of students' comparison procedure is offered and realized, that consequently gives extra quantitative estimation. As a result final mark is obtained, which is much more objective and mathematically accurate. This decision supporting system eliminates inaccuracies of final decision making and improves precision of final estimation.*

***Карпич И., Маркович З., Расчётный вариант оценки заключительной работы в учебном процессе вуза.***

*В работе рассмотрена система агрегации оценок заключительных работ студентов, на основе математических методов экспертных оценок. Обычно принято считать, что оценкой заключительной работы студентов является среднее арифметическое от оценки всех экспертов. В данной работе разработано программное обеспечение, включающее алгоритм браковки данных, алгоритм выявления коэффициента согласия, конечная оценка определена как математическое ожидание. Дополнительно предложен и реализован алгоритм ранжирования студентов, в результате которого можно получить дополнительную количественную оценку. В результате полученная заключительная оценка является более объективной и математически точной. Принятие решения такого вида поддерживается системой, которая устраняет неточности в принятии окончательного решения и повышает точностью.*