

і компонент, а також досягнення високих значень характеристик виробничих процесів;

- враховувати плановані перспективні значення, що стосуються рівня задоволення вимог споживачів, поліпшення самого виробу та досягнення ним необхідного якісного рівня;
- поєднувати власні пріоритети виробника з пріоритетами і вимогами системи технічного регулювання;
- чітко визначати шлях перенесення споживчих вимог у сукупність показників якості виробу, ПЯ в сукупність властивостей матеріалів, а сукупність властивостей матеріалів у вимоги виробництва виробу.
- під час оцінювання чи прогнозування вимог споживачів можна використовувати лінгвістичні змінні, що полегшують роботу експертів. Також розрахунок є доволі гнучким завдяки різноманітності математичного апарату нечіткої логіки.

Література

1. Ашуев А.М. Бенчмаркінг та інформаційне забезпечення процесу нововведень / А.М. Ашуев // Збірник наук. праць Донецького державного університету. – Сер.: Економіка. – 2004. – Т.5; Вип. 34: Економіка та маркетинг підприємства і території. – С. 140-146.
2. Козак Н. Бенчмаркінг як інструмент підвищення конкурентоспроможності компанії / Н. Козак // Управление компанией : сб. науч. тр. – 2000. – № 1-2.
3. Camp, R.C. (1989), "Benchmarking: the search for best practices that lead to superior performance", Quality Progress, January. – Pp. 62-82.
4. Vaziri, H.K. (1992), " Using competitive benchmarking to set goals", Quality Progress, October. – Pp. 81-85.
5. Тибінь А.М. Ефективність використання бенчмаркінгу для підвищення ділової досконалості підприємства / А.М. Тибінь, О.В. Мисик. – Тернопіль : Вид-во Тернопіль. ДДУ. – 238 с.
6. Леоненков А.В. Л147 Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб. : Изд-во "БХВ-Петербург", 2005. – 736 с.

Бойко Т.Г., Мельник В.В. Применение нечеткой логики для анализа требований заказчика к перспективному объекту

Рассмотрен метод формирования показателей свойств продукции на основе бенчмаркинга. Поскольку бенчмаркинг обеспечивает только определенный информационный, но необходимый ресурс, то используя полученную информацию можно построить определенную логическую цепочку от показателей свойств и качеств до материалов. Этой структуры можно достичь путем использования обратного инженерного анализа и функции развертывания качества. Благодаря использованию нечеткой логики облегчается работа экспертов с исследуемыми объектами. Такое построение позволяет принимать решения на счет улучшения определенного контролируемого показателя, что, в свою очередь, даст определенные положительные изменения и улучшения желаемой стороны продукции.

Ключевые слова: бенчмаркинг, алгоритм, методика, нечеткая логика, функция развертывания качества.

Boiko T.G., Melnyk V.V. Application of Fuzzy Logic to Analyze Customer Requirements to Promising Enterprises

The method of forming the performance properties of products based on benchmarking is described. Since benchmarking provides only some information, but the necessary information, we can use data obtained to build a logical chain of performance properties and qualities up to the material. This structure can be achieved by using the reverse engineering analysis and quality deployment function. Due to the use of fuzzy logic facilitates the work of the experts is easier. This structure allows making decisions by improving a controlled rate, which in turn will give some positive changes and improvements of desired part of products.

Keywords: benchmarking, methodology, fuzzy logic, algorithm, quality deployment function.

УДК 674.09

Доц. С.І. Коширець, канд. техн. наук;

проф. Ю.І. Грицюк, д-р техн. наук – НУ "Львівська політехніка";

доц. М.В. Дендюк, канд. техн. наук – НЛТУ України, м. Львів

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛІПТИЧНОСТІ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ ТОРЦЯ КОЛОДИ ХВОЙНИХ ПОРІД НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИХОДУ РАДІАЛЬНИХ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ

Проведено однофакторний дисперсійний аналіз ефективності виходу радіальних пиломатеріалів під час розкроювання колод хвойних порід розвальню-сегментним способом для різних розмірних груп діаметрів колод за різних коефіцієнтів еліптичності поперечного перерізу колоди. При цьому враховано ще й такі якісні фактори – кривизну та довжину колоди. Результати здійсненого дослідження свідчать про те, що зі збільшенням розмірної групи діаметрів колод зміна еліптичності поперечного перерізу дає більше впливає на вихід радіальних пиломатеріалів у бік зменшення.

Ключові слова: дисперсійний аналіз, якісний фактор, способи розкрою колод на пиломатеріали, еліптичність поперечного перерізу колоди, ефективність виходу радіальних пиломатеріалів.

Вступ. Планування експериментів з якісними факторами [1-3] застосовують у вивченні найрізноманітніших процесів оброблення деревини, у яких необхідно дослідити впливи вхідних якісних факторів на вихідні кількісні величини: різні способи розкроювання деревини та деревних матеріалів, альтернативні технології їх оброблення, режими підготовки інструмента, конструкції обладнання, види клеїв чи оздоблюваних матеріалів, сумішей для просочення деревини і т. ін. За своєю природою якісні фактори мають дискретні значення, їх рівням варіювання відповідає не числова шкала, а шкала якісних назв, діапазон прийняття значень тощо. Для них не існує понять зростання чи спадання, тобто неможливо описати залежність відгуку від якісних факторів у вигляді неперервної функції. Під час оброблення результатів експерименту, який містить якісні фактори, використовують методи дисперсійного аналізу [5-8], тоді як методи регресійного аналізу [1-4] застосовують у дослідженні кількісних факторів. Дисперсійний аналіз можна використовувати і для вивчення кількісних факторів, але тільки тоді, коли кількість їхніх рівнів варіювання є невеликою. Часто різного виду неоднорідності (породи деревини, способи розкрою, розмірні групи діаметрів колод, форми поперечного перерізу і т.п.) також зручно розглядати як якісні фактори і вивчати за допомогою методів дисперсійного аналізу.

Об'єкт дослідження – ефективність виходу радіальних пиломатеріалів під час розкроювання колод хвойних порід розвальню-сегментним способом.

Предмет дослідження – методи і засоби аналізу впливу еліптичності та розмірних груп діаметрів колод хвойних порід на ефективність виходу радіальних пиломатеріалів.

Мета дослідження – використовуючи методику однофакторного дисперсійного аналізу встановити залежність впливу еліптичності поперечного перерізу колоди на ефективність виходу радіальних пиломатеріалів у межах розмірних груп діаметрів колод. Для цього потрібно виконати такі завдання:

1. Визначити рівні варіювання якісних факторів і для кожного рівня провести набір спостережень;
2. Провести статистичне оброблення результатів спостережень;

3. Визначити вплив еліптичності поперечного перерізу колоди на ефективність виходу радіальних пиломатеріалів.

Виклад основного матеріалу. Для реалізації поставленої мети застосуємо однофакторний дисперсійний аналіз за постійної кількості спостережень за методикою [9]. Спробуємо дослідити ефективність процесу розкрою колод номінальним діаметром $d^m = 26^{\pm 3}$ см на радіальні пиломатеріали. Якісним фактором A тут є еліптичність поперечного перерізу колоди (k_e). Рівні його варіювання – діапазони значень, які може набувати коефіцієнт еліптичності: $a_1 - k_e = 0,90 \dots 0,95$; $a_2 - k_e = 0,95 \dots 1,00$; $a_3 - k_e = 1,00 \dots 1,05$; $a_4 - k_e = 1,05 \dots 1,10$. Як результат спостережень прийmemo кількісний показник – ефективність виходу радіальних пиломатеріалів, значення якого обчислюють через відношення об'єму отриманих тільки радіальних пиломатеріалів до об'єму розкритої колоди, оцінюють у відсотках.

Для кожного рівня варіювання, тобто еліптичності поперечного перерізу колоди, проведено по десять спостережень (результатів імітаційного моделювання процесу розкрою) за різними діаметрами колод, які змінюються випадково в межах від 23 до 29 см за нормальним законом розподілу. Звернемо увагу на те, що спочатку для кожного рівня варіювання фактора A випадково були згенеровані відповідні значення коефіцієнтів еліптичності поперечних перерізів колод (табл. 1). Після цього за допомогою формул (16) [10] визначали відповідні діаметри колод, а також їх номінальні значення (табл. 2). Окрім цього, паралельно генерувалася кривизна осі колоди, які набувають значення у межах від 0 до 4 % для осі OY та від 0 до 3 % для осі OX . При цьому довжина колод залишалася постійною – 3 м. Після цього за фіксованими розмірами поперечного перерізу радіальних пиломатеріалів (32×100 см) за розвальню-сегментною схемою визначають вихід радіальних пиломатеріалів.

Порівняння результатів розрахунку, отриманих за результатами відповідних спостережень, будемо здійснювати на основі вибіркового методу статистичного оброблення даних [9, с. 9] стосовно деякої кількісної ознаки. У нашому випадку такою кількісною ознакою (K) є номінальні діаметри колод, коефіцієнт еліптичності поперечного перерізу колоди та коефіцієнт ефективності виходу радіальних пиломатеріалів, значення яких у вибірці є дискретними величинами. Загальна кількість спостережень (n) у кожному з дослідів відповідає об'єму вибірки. До статистичних характеристик кількісної ознаки [5, 11, 12] належать такі показники:

- вибіркове середнє значення $\bar{K} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_i$;
- дисперсія $D_\sigma = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{K} - K_i)^2$;
- середньоквадратичне відхилення $\sigma_\sigma = \sqrt{D_\sigma}$;
- коефіцієнт варіації $K_\sigma = \frac{\sigma_\sigma}{\bar{K}} \cdot 100, \%$;
- помилка вибіркового середнього значення $P_\sigma = \frac{\sigma_\sigma}{\sqrt{n}}$;

Табл. 1. Результати статистичного оброблення експериментальних даних – коефіцієнтів еліптичності поперечного перерізу колод

№ колоди	Розрахункові групи діаметрів колод, см															
	24 ^{±1} ...28 ^{±1} , см		30 ^{±1} ...34 ^{±1} , см		36 ^{±1} ...40 ^{±1} , см		42 ^{±1} ...46 ^{±1} , см									
	0,90...0,95...1,00...1,05...1,10	1,00...1,05...1,10	0,95...1,00...1,05...1,10	1,00...1,05...1,10	0,90...0,95...1,00...1,05...1,10	1,00...1,05...1,10	0,90...0,95...1,00...1,05...1,10	1,00...1,05...1,10	0,90...0,95...1,00...1,05...1,10	1,00...1,05...1,10						
Результати числового експерименту – коефіцієнти еліптичності поперечного перерізу колоди																
1	0,9439	0,9730	1,0091	1,0727	0,9028	0,9922	1,0401	1,0730	0,9257	0,9921	1,0030	1,0881	0,8955	0,9462	1,0467	1,0707
2	0,9312	0,9401	1,0491	1,1081	0,9145	0,9939	1,0052	1,0649	0,9354	0,9648	1,0130	1,0508	0,9084	0,9684	1,0474	1,1037
3	0,9297	0,9647	1,0241	1,0530	0,9158	0,9716	1,0438	1,0934	0,9279	0,9698	1,0108	1,0530	0,9369	0,9509	1,0489	1,0816
4	0,9454	0,9814	1,0459	1,0535	0,9162	0,9627	1,0338	1,0955	0,9015	0,9982	1,0203	1,0718	0,9101	0,9487	1,0177	1,0852
5	0,9101	0,9870	1,0315	1,0851	0,9356	0,9426	1,0083	1,0703	0,9473	0,9537	1,0265	1,0978	0,9318	0,9955	1,0520	1,1065
6	0,9104	0,9746	1,0230	1,0505	0,9016	0,9595	1,0021	1,0870	0,9146	0,9557	1,0115	1,1006	0,9084	0,9971	1,0254	1,0726
7	0,9316	0,9565	1,0552	1,0829	0,9149	0,9963	1,0308	1,0877	0,9205	0,9992	1,0161	1,0829	0,9318	0,9920	1,0532	1,0859
8	0,9191	0,9855	1,0163	1,1057	0,9010	0,9564	1,0399	1,0951	0,9161	0,9625	1,0039	1,1048	0,9316	0,9648	1,0371	1,1060
9	0,9441	0,9734	1,0299	1,0974	0,9203	0,9587	1,0558	1,0608	0,9081	0,9784	1,0061	1,0954	0,9454	0,9804	1,0478	1,0558
10	0,9257	0,9476	1,0188	1,0662	0,9232	0,9871	1,0014	1,1025	0,8945	0,9492	1,0392	1,1043	0,9363	0,9971	1,0356	1,1061
Показники статистичного оброблення експериментальних даних																
min	0,9101	0,9401	1,0091	1,0505	0,9010	0,9426	1,0014	1,0608	0,8945	0,9492	1,0030	1,0508	0,8955	0,9462	1,0177	1,0558
max	0,9454	0,9870	1,0552	1,1081	0,9356	0,9963	1,0558	1,1025	0,9473	0,9992	1,0392	1,1048	0,9454	0,9971	1,0532	1,1065
r	0,0353	0,0469	0,0461	0,0576	0,0346	0,0538	0,0544	0,0418	0,0528	0,0500	0,0362	0,0540	0,0499	0,0509	0,0354	0,0507
K	0,9291	0,9684	1,0303	1,0775	0,9001	0,9721	1,0261	1,0830	0,9192	0,9724	1,0150	1,0850	0,9236	0,9741	1,0412	1,0874
D _σ	0,0002	0,0003	0,0002	0,0005	0,0001	0,0004	0,0004	0,0002	0,0003	0,0003	0,0001	0,0004	0,0003	0,0004	0,0001	0,0003
σ _σ	0,0131	0,0159	0,0152	0,0218	0,0108	0,0190	0,0200	0,0146	0,0158	0,0187	0,0112	0,0202	0,0165	0,0210	0,0119	0,0178
V _σ	1,41%	1,64%	1,48%	2,02%	1,18%	1,95%	1,95%	1,35%	1,72%	1,92%	1,10%	1,86%	1,78%	2,15%	1,14%	1,64%
P _σ	0,0044	0,0053	0,0051	0,0073	0,0036	0,0063	0,0067	0,0049	0,0053	0,0062	0,0037	0,0067	0,0055	0,0070	0,0040	0,0059
T _σ	0,47%	0,55%	0,49%	0,67%	0,39%	0,65%	0,65%	0,45%	0,57%	0,64%	0,37%	0,62%	0,59%	0,72%	0,38%	0,55%
R _n	0,0085	0,0104	0,0100	0,0142	0,0070	0,0124	0,0131	0,0095	0,0103	0,0122	0,0073	0,0132	0,0108	0,0137	0,0078	0,0117

Примітка: довжина колоди – 3,0 м. Кривизна осі колоди – 0...4 %. Рівень значущості – 0,05

Табл. 2. Результати статистичного оброблення експериментальних даних – номінальних діаметрів колод

№ колоди	Розрахункові групи діаметрів колод, см															
	24 ⁻¹ ...28 ⁺ , см		30 ⁻¹ ...34 ⁺ , см		36 ⁻¹ ...40 ⁺ , см		42 ⁻¹ ...46 ⁺ , см									
	0,95... 1,00	1,00... 1,05	0,95... 1,00	1,00... 1,05	0,95... 1,00	1,00... 1,05	0,95... 1,00	1,00... 1,05	0,95... 1,00	1,00... 1,05						
Діапазон еліптичності поперечного перерізу колоди																
Результати числового експерименту – номінальні діаметри колод, см																
1	23,14	27,49	28,59	24,86	34,09	33,14	31,69	33,85	39,04	38,44	36,01	35,52	46,77	45,66	43,11	44,63
2	25,23	27,09	26,52	26,21	31,57	32,73	29,20	32,19	37,89	38,28	38,56	38,12	44,91	41,69	41,53	43,76
3	28,63	23,53	26,91	23,11	31,28	30,77	33,95	31,78	37,65	36,35	38,09	37,30	42,06	41,04	41,58	44,27
4	23,82	27,73	23,39	25,71	31,67	31,81	31,66	31,89	39,60	40,40	40,17	40,44	45,44	42,44	44,55	42,41
5	24,08	23,77	28,10	26,27	32,35	32,47	32,57	31,94	37,49	35,28	39,91	40,06	43,73	44,46	45,92	41,40
6	26,90	26,26	24,86	25,70	33,46	32,81	29,86	32,30	36,81	35,27	35,29	40,91	46,47	45,56	46,07	46,06
7	25,51	28,32	23,29	28,20	30,97	29,90	31,45	29,78	36,67	37,74	37,60	38,35	45,72	41,97	44,40	42,15
8	23,83	28,05	27,41	27,75	34,45	33,66	29,89	34,39	40,64	39,32	39,09	38,11	43,50	44,69	46,18	44,26
9	28,73	26,75	27,38	25,47	31,24	33,42	32,70	33,21	38,13	40,25	36,45	35,21	42,56	44,30	41,66	41,28
10	26,40	28,34	28,75	26,57	30,70	34,66	34,86	29,93	40,12	40,80	35,45	35,58	43,06	42,97	46,53	46,52
Показники статистичного оброблення експериментальних даних																
min	23,53	23,29	23,11	30,70	29,90	29,78	36,67	35,27	35,29	35,21	42,06	41,04	41,53	41,28	42,71	42,71
max	28,34	28,75	28,20	34,45	34,66	34,86	34,39	40,64	40,80	40,17	40,91	46,77	45,66	46,53	46,52	45,75
r	4,82	5,46	5,09	3,75	4,76	5,66	4,61	3,97	5,52	4,88	5,70	4,72	4,62	5,00	5,24	3,03
K	26,73	26,52	25,98	32,18	31,78	32,13	38,40	38,21	37,66	37,96	44,42	43,48	44,15	43,67	43,80	43,80
D _e	3,09	4,05	2,05	1,83	1,96	3,31	2,21	1,89	4,20	3,23	4,34	2,77	2,78	4,18	3,36	0,90
σ _e	1,76	2,01	1,43	1,35	1,40	1,82	1,49	1,38	2,05	1,80	2,08	1,66	1,67	2,04	1,83	0,95
V _e	6,58%	7,59%	5,50%	4,20%	4,30%	5,72%	4,63%	3,58%	5,36%	4,77%	5,49%	3,75%	3,83%	4,63%	4,20%	2,17%
P _e	0,6335	0,5561	0,6362	0,4523	0,4424	0,4275	0,4699	0,4353	0,6480	0,5684	0,6587	0,5262	0,5268	0,6463	0,5797	0,5797
T _e	2,08%	2,40%	1,74%	1,33%	1,36%	1,81%	1,46%	1,13%	1,70%	1,51%	1,74%	1,18%	1,21%	1,46%	1,33%	0,69%
P _n	1,2417	1,0899	1,2469	0,8866	0,8378	0,8672	1,1268	0,9210	0,8531	1,2701	1,1139	1,2910	1,0313	1,0325	1,2667	1,1362

Примітка: довжина колоди – 3,0 м. Кривизна осі колоди – 0...4 %. Рівень значущості – 0,05

- точність вибіркового середнього значення $T_e = \frac{P_e}{K}$, %;
- надійний інтервал $P_n = \pm 1,96 \cdot \frac{\sigma_e}{\sqrt{n}}$.

У загальному випадку вибіркове середнє значення з врахуванням його точності буде дорівнювати: $K^T = \bar{K}^{\pm T_e}$.

Оскільки розглядаємо тільки однофакторний дисперсійний аналіз, то нас поки що цікавлять значення експериментальних спостережень для колод, номінальні діаметри яких потрапляють у розмірну групу від 23 до 29 см. У цьому випадку результати отриманих спостережень наведено у табл. 3.

Табл. 3. Значення експериментальних спостережень (ефективність виходу радіальних пиломатеріалів) для однофакторного дисперсійного аналізу

№ спостереження	Рівні варіювання фактора A, %			
	a ₁ 0,90...0,95	a ₂ 0,95...1,00	a ₃ 1,00...1,05	a ₄ 1,05...1,10
1	47,40	45,15	43,09	43,56
2	45,51	45,33	44,48	43,15
3	47,68	45,10	43,39	43,66
4	47,80	44,71	44,46	42,54
5	47,40	46,03	43,35	42,48
6	45,27	45,18	44,38	42,00
7	47,08	45,52	44,30	41,84
8	45,57	45,97	43,95	42,93
9	46,28	44,59	43,50	43,52
10	47,77	46,31	44,49	42,77
Разом	467,76	453,89	439,39	428,44
Середнє	46,78	45,39	43,94	42,84

З табл. 3 видно, що відмінність у виході радіальних пиломатеріалів для колод, коефіцієнти еліптичності поперечного перерізу яких знаходяться в діапазоні 0,90...0,95 і 1,05...1,10, є очевидною і без статистичного оброблення. Проте для колод, коефіцієнти еліптичності поперечного перерізу яких знаходяться в діапазоні 0,95...1,00 і 1,00...1,05, відрізняються не надто переконливо. Застосування методів дисперсійного аналізу дає змогу з'ясувати значущість впливу еліптичності поперечного перерізу колоди і кожного з рівнів варіювання цього фактора на величину ефективності виходу радіальних пиломатеріалів, якщо цей вплив має місце.

Подальші розрахунки виконують за методикою [9] з урахуванням того, що загальна кількість спостережень становить $N = m \cdot n = 4 \cdot 10 = 40$. У нижній частині табл. 3 наведено підсумки у стовпцях, а також середні вибіркові значення у кожному стовпці. Далі розраховуємо такі суми:

$$S_1 = 47,40^2 + 45,51^2 + \dots + 42,77^2 = 80162,88;$$

$$S_2 = \frac{1}{10} \cdot (467,76^2 + 453,89^2 + 439,39^2 + 428,44^2) = 80144,23;$$

$$S_3 = \frac{1}{40} \cdot (467,76 + 453,89 + 439,39 + 428,44)^2 = 80056,21;$$

$$S_A = 80144,23 - 80056,21 = 88,03; S_{\text{заг}} = 80162,88 - 80056,21 = 106,68;$$

$$S_{\text{зал}} = 80162,88 - 80144,23 = 18,65;$$

Потім обчислюємо такі дисперсії:

$$s_A^2 = \frac{88,03}{3} = 29,34; \quad s_{\text{пом}}^2 = \frac{18,65}{36} = 0,52;$$

Визначаємо $F_{\text{розрах}} = 29,34/0,52 = 56,63$. Тепер за табл. 2 [9, с. 224] для рівня значущості $q = 0,05$, кількості ступенів свободи $f_A = 4-1 = 3$ і $f_{\text{пом}} = 40-4 = 36$ знайдемо $F_{\text{табл}} = 2,86$. Отримане співвідношення $F_{\text{розрах}} > F_{\text{табл}}$ підтверджує значущий вплив еліптичності поперечного перерізу колоди на ефективність виходу радіальних пиломатеріалів.

За допомогою критерію Дункана з'ясуємо, які саме діапазони значень коефіцієнтів еліптичності поперечного перерізу колоди впливають на ефективність виходу радіальних пиломатеріалів. Упорядкувавши за зростанням (спаданням) середні вибіркові значення стовпців (див. останній рядок табл. 3), отримаємо таку їх числову послідовність: $\bar{y}_1 = 46,78; \bar{y}_2 = 45,39; \bar{y}_3 = 43,94; \bar{y}_4 = 42,84$.

Оскільки кількість спостережень для кожного рівня варіювання фактора A є однаковою, то обчислимо середню квадратичну помилку для кожного середнього вибіркового значення: $\bar{S}_{\bar{y}} = \sqrt{0,52/10} = 0,23$. Для рівня значущості $q = 0,05$ і кількості ступенів свободи $f_{\text{пом}} = 40-4 = 36$ з табл. 10 значень критерію Дункана [13, див. дод.] при $m - 1 = 3$ випишемо значення значущих рангів для $p = 2, 3, 4$. Ці значення записано у другому рядку табл. 4.

Табл. 4. Значення найменших значущих рангів

1	p	2	3	4
2	Ранги r	2,87	3,02	3,11
3	$r \cdot S_{\bar{y}}$	0,65	0,69	0,71

Перемноживши знайдені значення рангів на $S_{\bar{y}}$, отримаємо групу з трьох найменших значущих рангів, які внесено в останній рядок табл. 4. Виконаємо порівняння різниць між середніми з найменшими значущими рангами:

- $\bar{y}_1 - \bar{y}_4 = 3,93 > 0,88$ ($p = 4$) – різниця значна;
- $\bar{y}_1 - \bar{y}_3 = 2,55 > 0,85$ ($p = 3$) – різниця значна;
- $\bar{y}_1 - \bar{y}_2 = 1,10 > 0,81$ ($p = 2$) – різниця значна;
- $\bar{y}_2 - \bar{y}_4 = 2,84 > 0,88$ ($p = 3$) – різниця значна;
- $\bar{y}_2 - \bar{y}_3 = 1,45 > 0,85$ ($p = 2$) – різниця значна;
- $\bar{y}_3 - \bar{y}_4 = 1,39 > 0,88$ ($p = 2$) – різниця значна.

Отже, розходження між усіма парами середніх вибірових значень виявилися значущими, тобто еліптичність поперечного перерізу колоди значно впливає на ефективність виходу радіальних пиломатеріалів.

Для знаходження розв'язку матричного рівняння [9] використаємо числові дані з табл. 3 (останній рядок) – середні вибіркові значення спостережень, а також виконаємо ще такі додаткові обчислення:

- матриця планування однофакторного експерименту для 4-х рівнів варіювання та середні вибіркові значення – відгуки лінійної моделі відповідно:

$$\bar{X} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; \quad \bar{Y} = \begin{pmatrix} 46,78 \\ 45,39 \\ 43,94 \\ 42,84 \end{pmatrix};$$

- матриця коефіцієнтів СНР та узагальнена обернена матриця відповідно:

$$\bar{G} = \bar{X}^T \times \bar{X} = \begin{pmatrix} 4 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; \quad \bar{G}^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & -1 & -1 & -1 & 0 \\ -1 & 2 & 1 & 1 & 0 \\ -1 & 1 & 2 & 1 & 0 \\ -1 & 1 & 1 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Тоді, згідно з МНК, оцінки невідомих параметрів $\bar{\Theta} = \left| \hat{\theta}_j, j = \overline{1, N} \right|$ будуть мати такі числові значення:

$$\bar{Y}' = \bar{X}^T \times \bar{Y} = \begin{pmatrix} 178,95 \\ 46,78 \\ 45,39 \\ 43,94 \\ 42,84 \end{pmatrix}; \quad \bar{\Theta} = \bar{G}^{-1} \times \bar{Y}' = \begin{pmatrix} 42,844 \\ 3,932 \\ 2,545 \\ 1,096 \\ 0,000 \end{pmatrix},$$

де \bar{Y}' – стовпець вільних членів СНР.

Отже, з використанням отриманих значень оцінок невідомих параметрів $\bar{\Theta}$, а також з урахуванням значень середніх квадратичних помилок для кожного середнього вибіркового значення (у нашому випадку вони будуть однаковими), числові значення коефіцієнтів лінійної моделі однофакторного дисперсійного аналізу для 4-х рівнів варіювання подано у табл. 5.

Табл. 5. Числові значення коефіцієнтів лінійної моделі однофакторного дисперсійного аналізу

Відгуки моделі	Складові елементи лінійної моделі						Середні вибіркові
	μ	α_0	α_1	α_2	α_3	$\pm \varepsilon_{ij}$	
y_{11}	42,844	3,932	–	–	–	0,23	46,78 $^{\pm 0,23}$
y_{22}	42,844	–	2,545	–	–	0,23	45,39 $^{\pm 0,23}$
y_{33}	42,844	–	–	1,096	–	0,23	43,94 $^{\pm 0,23}$
y_{44}	42,844	–	–	–	0,000	0,23	42,84 $^{\pm 0,23}$

Аналізуючи числові дані табл. 5, бачимо, що очікувані відгуки лінійної моделі ефективності виходу радіальних пиломатеріалів залежать від т. зв. середнього значення μ , а також відповідних ефектів α_i фактора A на i -му рівні його варіювання, які, у нашому випадку, мають тільки позитивний вплив, що загалом, є неправдоподібним. Серед різних пояснень причин такого позитивного впливу найбільш достовірним видається та, яка, на наш погляд, походить не від

фізичного змісту задачі, а від використаних методів розрахунку, зокрема, знаходження узагальненої оберненої матриці.

Оскільки у СНР використаної методики [9], кількість лінійно-незалежних рівнянь є меншою від кількості невідомих, то вона має велику кількість розв'язків. Це свідчить про те, що з використанням дещо інших методів знаходження узагальненої оберненої матриці \bar{G}^{-1} можна обчислити зовсім інші оцінки невідомих параметрів $\bar{\Theta}$ і, як наслідок, отримати інші числові дані табл. 5. Зрозуміло також, що отримані оцінки параметрів лінійної моделі мають більш достовірно відображати т. зв. її середнє значення з урахуванням, наприклад, вагомості кожного рівня, що і показано у табл. 6.

Тепер, аналізуючи дані табл. 6, бачимо, що очікувані відгуки лінійної моделі, якщо і залежать від т. зв. середнього значення, то значення ефектів фактора на різних рівнях варіювання мають як негативний, так і позитивний вплив, що уже достовірніше відображає фізичний зміст розглядуваної задачі.

Табл. 6. Числові значення коефіцієнтів лінійної моделі однофакторного дисперсійного аналізу

Відгуки моделі	Складові елементи моделі						Середні вибіркові
	μ	α_0	α_1	α_2	α_3	$\pm \varepsilon_{ij}$	
y_{11}	44,737	2,039	–	–	–	0,23	46,78 ^{±0,23}
y_{22}	44,737	–	0,652	–	–	0,23	45,39 ^{±0,23}
y_{33}	44,737	–	–	-0,798	–	0,23	43,94 ^{±0,23}
y_{44}	44,737	–	–	–	-1,893	0,23	42,84 ^{±0,23}

Повертаючись до наведеної вище постановки задачі, необхідно зазначити, що розглянули тільки приклад застосування однофакторного дисперсійного аналізу для однієї розмірної групи діаметрів колод (26^{±3} см) і для різної еліптичності поперечного їх перерізу. Очевидно, цей приклад охоплює тільки частково перелік змінних факторів, які впливають на ефективність виходу радіальних пиломатеріалів. Тобто виникає запитання з приводу того, чи зі збільшенням розмірів номінальних діаметрів колод спостерігатимуться й відповідні закономірності у зміні відгуків моделі. Конкретну відповідь на це запитання можна отримати тільки після проведення відповідної серії експериментів, що було зроблено у цьому дослідженні.

Під час дослідження впливу еліптичності поперечного перерізу колоди на ефективність виходу радіальних пиломатеріалів враховано такі основні фактори: довжина колоди, кривизна осі колоди в двох напрямках (OX – 0...4 % та OY – 0...3 %), діаметрів колод та еліптичності поперечного перерізу колоди. Отримані результати однофакторного дисперсійного аналізу для різних розмірних груп діаметрів колод (зокрема і розміром 26^{±3} см) показано в табл. 7 та графічно відображено на рисунку.

У табл. 8 наведено результати знаходження оцінок невідомих параметрів лінійних моделей однофакторного дисперсійного аналізу для різних розмірних груп діаметрів колод. Аналізуючи графічне представлення відповідних залежностей, бачимо, що на ефективність виходу радіальних пиломатеріалів впливають не поодинокі кожен з названих факторів, а, швидше за все, у сукупності разом.

Табл. 7. Результати однофакторного дисперсійного аналізу для різних розмірних груп діаметрів колод

№ колоди	24...28 ^{±3} , см			30...34 ^{±3} , см			36...40 ^{±3} , см			42...46 ^{±3} , см				
	0,90...0,95	1,00	1,05...1,10	0,90...0,95	1,00	1,05...1,10	0,90...0,95	1,00	1,05...1,10	0,90...0,95	1,00	1,05...1,10		
1	47,40	45,15	43,09	43,56	47,19	44,81	49,86	49,40	47,43	46,68	49,19	47,02	44,87	42,71
2	45,51	45,33	44,48	43,15	49,23	47,96	45,24	51,11	48,35	47,06	45,10	49,25	46,43	46,30
3	47,68	45,10	43,39	43,66	50,29	48,36	47,01	43,97	51,10	49,84	48,80	46,23	50,39	47,99
4	47,80	44,71	44,46	42,54	49,66	48,48	46,43	46,09	51,67	49,60	47,89	47,14	46,79	44,88
5	47,40	46,03	43,35	42,48	48,49	48,45	46,17	46,01	48,92	50,22	47,49	44,94	47,33	44,47
6	45,27	45,18	44,38	42,00	49,21	47,70	47,22	45,75	49,45	49,34	48,19	45,58	50,05	45,80
7	47,08	45,52	44,30	41,84	48,47	47,39	45,74	50,62	47,97	48,97	46,10	47,90	45,68	44,54
8	45,57	45,97	43,95	42,93	50,25	49,45	46,22	44,02	49,22	48,17	47,32	46,02	47,01	48,14
9	46,28	44,59	43,50	43,52	48,31	48,83	47,41	46,39	50,82	48,51	48,69	45,50	50,10	46,99
10	47,77	46,31	44,49	42,77	50,63	48,51	47,77	44,97	51,34	49,04	48,38	46,69	49,99	47,58
Разом А:	467,76	453,89	439,39	428,44	494,84	483,99	470,75	453,00	504,11	490,44	480,21	459,95	488,42	470,85
Середнє	46,78	45,39	43,94	42,84	49,48	48,60	47,08	45,30	50,41	49,04	48,02	46,00	48,84	45,71
N=	40				40				40				40	
S ₁ =	80162,88				90806,33				93704,24				86142,96	
S ₂ =	80144,23				90786,98				93681,67				86103,25	
S ₃ =	80056,21				90685,87				93577,86				85966,45	
S _A =	88,03				101,11				103,81				136,81	
S _{BC} =	106,68				120,46				126,38				176,52	
S _{AB} =	18,65				19,35				22,57				39,71	
S _{AC} =	29,34				33,70				34,60				45,60	
S _{BCA} =	0,52				0,54				0,63				1,10	
F _{max} =	56,63				62,72				55,21				41,34	
F _{табл} =	2,86				2,86				2,86				2,86	
S _F =	0,23				0,23				0,23				0,33	
1	Р	2	3	4	Р	2	3	4	Р	2	3	4	Р	2
2	Ранг r	2,87	3,02	3,11	Ранг r	2,87	3,02	3,11	Ранг r	2,87	3,02	3,11	Ранг r	2,87
3	r ^{*Sv}	0,65	0,69	0,71	r ^{*Sv}	0,67	0,70	0,72	r ^{*Sv}	0,72	0,76	0,78	r ^{*Sv}	0,95
1	1	2	3	4	2	3	4	4	2	3	4	4	2	3
2	46,78	1,39	2,84	3,93	49,48	0,88	2,41	4,18	50,41	1,37	2,39	4,42	48,84	1,76
3	45,39	1,45	2,55	48,60	1,52	3,30	49,04	49,04	47,08	1,02	3,05	4,08	47,08	1,37
3	43,94	значна	значна	значна	значна	значна	значна	значна	значна	значна	значна	значна	значна	значна
Різниця:														
Різниця:														
Різниця:														

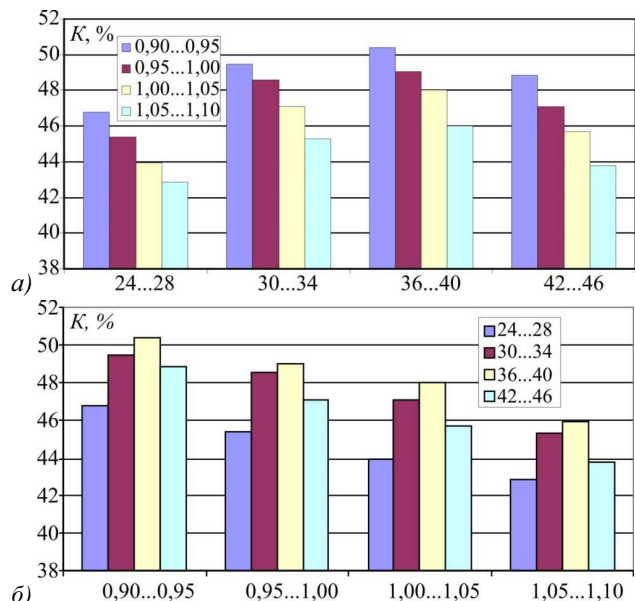


Рис. Залежність ефективності виходу радіальних пиломатеріалів від еліптичності поперечного перерізу колод (а) і розмірних груп діаметрів колод (б)

Табл. 8. Значення оцінок параметрів лінійної моделі однофакторного дисперсійного аналізу

Розмірна група діаметрів колод:							
24...28 см				30...34 см			
\bar{Y}	$\bar{Y}' = \bar{X}'^T \times \bar{Y}$	$\bar{\Theta} = \bar{G}^{-1} \times \bar{Y}'$	\bar{Y}	\bar{Y}	$\bar{Y}' = \bar{X}'^T \times \bar{Y}$	$\bar{\Theta} = \bar{G}^{-1} \times \bar{Y}'$	\bar{Y}
46,78	178,95	44,737	46,78 ^{±0,23}	49,48	190,46	47,615	49,48 ^{±0,23}
45,39	46,78	2,039	45,39 ^{±0,23}	48,60	49,48	1,869	48,60 ^{±0,23}
43,94	45,39	0,652	43,94 ^{±0,23}	47,08	48,60	0,985	47,08 ^{±0,23}
42,84	43,94	-0,798	42,84 ^{±0,23}	45,30	47,08	-0,539	45,30 ^{±0,23}
	42,84	-1,893			45,30	-2,314	
Розмірна група діаметрів колод:							
36...40 см				42...46 см			
\bar{Y}	$\bar{Y}' = \bar{X}'^T \times \bar{Y}$	$\bar{\Theta} = \bar{G}^{-1} \times \bar{Y}'$	\bar{Y}	\bar{Y}	$\bar{Y}' = \bar{X}'^T \times \bar{Y}$	$\bar{\Theta} = \bar{G}^{-1} \times \bar{Y}'$	\bar{Y}
50,41	193,47	48,368	50,41 ^{±0,23}	48,84	185,44	46,359	48,84 ^{±0,23}
49,04	50,41	2,043	49,04 ^{±0,23}	47,08	48,84	2,483	47,08 ^{±0,23}
48,02	49,04	0,676	48,02 ^{±0,23}	45,71	47,08	0,726	45,71 ^{±0,23}
46,00	48,02	-0,347	46,00 ^{±0,23}	43,80	45,71	-0,645	43,80 ^{±0,23}
	46,00	-2,372			43,80	-2,564	

Це означає, що для більш конструктивного аналізу фізичного змісту цієї задачі доцільно розглядати не однофакторний дисперсійний аналіз, а, як мінімум, двофакторний, що і буде метою нашого наступного дослідження.

Висновки:

1. На підставі статистичного оброблення вибірок даних для розмірних груп діаметрів колод встановлено, що, залежно від зміни діапазону значень, які

можуть набувати коефіцієнти еліптичності поперечного перерізу колод (з 0,90...0,95; 0,95...1,00; 1,00...1,05 і 1,05...1,10), ефективність виходу радіальних пиломатеріалів змінюється у таких межах:

- для групи діаметрів колод 24...28 см – від 46,78 до 42,84 %, тобто на -3,93 %;
 - для групи діаметрів колод 30...34 см – від 49,48 до 45,30 %, тобто на -4,18 %;
 - для групи діаметрів колод 36...40 см – від 50,41 до 46,00 %, тобто на -4,42 %;
 - для групи діаметрів колод 42...46 см – від 48,84 до 43,80 %, тобто на -5,05 %.
2. На підставі проведеного однофакторного дисперсійного аналізу встановлено, що у межах розмірних груп діаметрів колод зміна еліптичності поперечного перерізу колод на вихід радіальних пиломатеріалів мають значні впливи.

Література

1. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Изд-во "Наука", 1976. – 279 с.
2. Горский В.Г. Планирование промышленных экспериментов (модели статистики) / В.Г. Горский, Ю.П. Адлер, А.И. Талалай. – М.: Изд-во "Металлургия", 1974. – 264 с.
3. Горский В.Г. Планирование промышленных экспериментов (модели динамики) / В.Г. Горский, Ю.П. Адлер, А.И. Талалай. – М.: Изд-во "Металлургия", 1978. – 112 с.
4. Налимов В.В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов / В.В. Налимов, Н.А. Чернова. – М.: Изд-во "Наука", 1965. – 340 с.
5. Рао С.Р. Линейные статистические методы и их применение / С.Р. Рао. – М.: Изд-во "Наука", 1968. – 548 с.
6. Хикс Ч. Основы принципы планирования эксперимента / Ч. Хикс. – М.: Изд-во "Мир", 1967. – 406 с.
7. Хьютсон А. Дисперсионный анализ / А. Хьютсон. – М.: Изд-во "Статистика", 1971. – 488 с.
8. Шеффе Г. Дисперсионный анализ / Г. Шеффе. – М.: Изд-во "Физматгиз", 1963. – 628 с.
9. Пижурич А.А. Исследование процессов деревообработки / А.А. Пижурич, М.С. Розенблит. – М.: Изд-во "Лесн. пром-сть", 1984. – 232 с.
10. Яцишин С.І. Методика визначення та аналіз оптимальних схем розкосу колод на радіальні пиломатеріали / С.І. Яцишин, Ю.І. Гришок // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2007. – Вип. 17.1. – С. 137-149.
11. Горский В.Г. Планирование промышленных экспериментов (модели статистики) / В.Г. Горский, Ю.П. Адлер, А.И. Талалай. – М.: Изд-во "Металлургия", 1974. – 264 с.
12. Носовський Т.А. Технологія лісопилно-деревообробних виробництв / Т.А. Носовський, Р.І. Машок, В.В. Маслій. – К.: Вид-во НМК ВО, 1993. – 196 с.
13. Ахназарова С.Л. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии / С.Л. Ахназарова, В.В. Кафаров. – М.: Изд-во "Наука", 1978. – 319 с.

Кошерец С.И., Грыцюк Ю.И., Дендюк М.В. Исследование влияния эллиптичности поперечного сечения торца бревен хвойных пород на эффективность выхода радиальных пиломатериалов

Проведен однофакторный дисперсионный анализ эффективности выхода радиальных пиломатериалов при раскросе бревен хвойных пород развально-сегментным способом для разных размерных групп диаметров бревен при разных коэффициентах эллиптичности поперечного сечения бревна. При этом учтены еще и такие качественные факторы как кривизна и длина бревна. Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что с увеличением размерной группы диаметров бревен изменение эллиптичности поперечного сечения все больше влияет на выход радиальных пиломатериалов в сторону уменьшения.

Ключевые слова: дисперсионный анализ, качественный фактор, способы раскроса бревен на пиломатериалы, эллиптичность поперечного сечения бревна, эффективность выхода радиальных пиломатериалов.

Koshyrets S.I., Grytsyuk Yu.I., Dendyuk M.V. The Study of the Effect of Ellipticity of Crosscut of Softwood Log End on the Effectiveness of Edge-grained Lumber Output

A single-factor dispersion analysis of the effectiveness of edge-grained lumber output during cutting softwood logs by segment sawing for various size groups of log diameter at various ratios of crosscut log ellipticity is made. Such qualitative factors as curvature and length of the log are considered. The results of the research conducted show that with increase of size group of the logs diameter, crosscut ellipticity change increasingly affects the output of edge-grained lumber downward.

Keywords: dispersion analysis, qualitative factor, log sawing into lumber, crosscut log ellipticity, the efficiency of the output of edge-grained lumber.

УДК 711.1

*Докторант, доц. А.В. Гоблик¹, канд. техн. наук –
Київський НУ будівництва і архітектури*

ТЕХНОЛОГІЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПОЛЯ ГРАДІЄНТА ІНТЕНСИВНОСТІ ТЯЖІННЯ НАСЕЛЕННЯ ДО ОБ'ЄКТІВ ГРОМАДСЬКОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Досліджено проблему створення інструменту аналізу та розрахунку просторових параметрів зон з підвищеною активністю культурно-побутових зв'язків. Саме в цих зонах формується контингент населення, що істотно впливає на розрахункову місткість установи обслуговування та умови її розміщення у планувальній структурі міста. Розроблено технологію комп'ютерної візуалізації даних розподілу поля інтенсивності тяжіння населення (ІТН) до установ торгово-побутового обслуговування в середовищі ArcGIS та MATLAB на основі експериментально встановленого закону ІТН. Наведено результати моделювання векторного поля градієнта ІТН, яке демонструє швидкість зміни величин інтенсивності тяжіння населення в певній точці містобудівного простору до об'єкта торгівлі.

Ключові слова: поле градієнта інтенсивності тяжіння населення, об'єкт громадського обслуговування, комп'ютерна модель, польова модель, місто.

Вступ. Початок третього тисячоліття ознаменувався, з одного боку, стрімким розвитком високих технологій, а з іншого – прискореним зростанням народонаселення та інтенсивним освоєнням природно-географічного простору, що спричинило істотне загострення проблем, пов'язаних з організацією простору у містах – місцях кооперації людей та їхньої діяльності. Тому особливої актуальності набули завдання підвищення рівня комфортності міського середовища для мешканців і гостей міста.

Саме поняття "комфортності міського середовища" є предметом дослідження багатьох наук, в кожній з яких воно уточнюється, збагачується і набуває нового змісту. Для прикладу, компанія Ericsson ConsumerLab, один із світових розробників інформаційних комунікаційних технологій, за результатами своїх останніх досліджень, проведених у тринадцяти найбільших мегаполісах світу, з'ясувала, що рівень "комфортності міського середовища" для респондентів залежить від такого параметру як якість забезпечення населення послугами стільникового зв'язку [12].

У науковій літературі поняття комфортності міського середовища трактують досить широко: деякі автори визначають комфортність "як найбільш сприятливі умови життєдіяльності людей, сукупність побутових вигод, упорядженості і екологічної безпеки" [5, с. 271], інші автори, визначаючи рівень комфортності міського середовища, досліджують вплив медико-біологічних та соціально-психологічних факторів на умови проживання [7, 8].

Близьким за змістом до поняття комфортності міського середовища є поняття якості міського середовища [4, 9, 11]. Під цим поняттям потрібно розуміти здатність міського середовища задовольняти об'єктивні потреби мешканців міста відповідно до загальноприйнятих на даний момент часу норм і стандартів життєдіяльності. Іншими словами, якість міського середовища проживання визначає привабливість міста за спектром соціально-економічних параметрів¹.

З містобудівного погляду, рівень комфортності міського середовища може визначатися такими параметрами: транспортною доступністю (рівнем розвитку міської транспортної і вулично-дорожньої мережі); наявністю достатньої кількості та раціональним розміщенням у місті об'єктів громадського обслуговування населення; наявністю достатньої кількості громадських просторів; раціональною територіально-планувальною організацією міста; естетикою міського ландшафту тощо.

Отже, питання комфортності міського середовища можливо розглядати далі в контексті проблеми створення та розвитку раціональної з погляду територіально-планувальної організації та транспортно-пішохідної доступності мережі об'єктів громадського обслуговування населення міста. Зауважимо, що ця проблема є не новою для теорії та практики містобудування, але протягом тривалого часу залишається актуальною у зв'язку із постійним і часто неконтрольованим територіальним зростанням міст.

Одним із методів вирішення цієї проблеми є комп'ютерне моделювання та виявлення зон з підвищеною активністю культурно-побутових зв'язків, оскільки саме тут формується контингент населення, що істотно впливає на розрахункову місткість установи обслуговування та умови її розміщення в планувальній структурі міста. Розроблення такого методу має базуватися на результатах експериментальних досліджень, отримання яких представляє окрему трудомістку задачу.

У 1990-х роках група фахівців під керівництвом проф. М.М. Дьоміна здійснила унікальне за своїми масштабами експериментальне дослідження у низці великих міст України, в рамках якого вивчили інтенсивність потоків покупців з віддалених населених пунктів області у наперед визначені центральні міські універмаги, які є центрами масового тяжіння іногородніх покупців, і як наслідок відкрито закон інтенсивності тяжіння населення (ІТН) до об'єктів громадського обслуговування $I(r)$, де r – радіальна просторова координата [3, с. 48].

Відкритий закон представляє значний науковий і практичний інтерес, оскільки його можна покласти в основу створення комп'ютерних польових моделей ІТН до об'єктів громадського обслуговування і внаслідок отримати ін-

¹ Наук. консультант: проф. М.М. Дьомін, д-р архітектури

¹ https://ru.wikipedia.org/wiki/Качество_городской_среды_обитания