

УДК 514.18

## ОДИН ІЗ СПОСОБІВ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМАЛІЗАЦІЇ СИТУАЦІЙ ОКРЕМОГО ФАКТОРУ

*Мелітопольська школа прикладної геометрії*

Адоньєв Є.О., к.т.н.

*Економіко-гуманітарний факультет Запорізького національного  
університету у м. Мелітополі (Україна),*

Верещага В.М., д.т.н.

*Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана  
Хмельницького (Україна)*

***У статті розроблено спосіб геометричної формалізації дискретної інформації, поданої у вигляді таблиці вихідних даних певного фактору, у якій відображено ситуацію відносно існуючих типомodelей цього фактору та їхні характеристики економічного, технологічного, екологічного, художньо-естетичного та будь-якого іншого спрямування.***

***Ключові слова: композиційний метод, ситуація за фактором, дискретна крива, реновація будівель, енергоефективність.***

***Постановка проблеми.*** У процесі реновації будівель з метою підвищення їхньої енергоефективності, по кожному з компонентів (факторів – матеріалів, обладнання, тощо), які є складовими цих процесів, на сучасному ринку існує ряд пропозицій щодо типомodelей цього фактору. Ці пропозиції різняться між собою за економічними, екологічними, фізичними, художньо-естетичними та іншими показниками. Обрання, за певними критеріями, з поміж усіх доступних варіантів типомodelей, найкращої, що у найбільшій мірі відповідає задачам реновації будівель, є проблемою. Розв'язанню цієї проблеми призначена ця стаття.

***Аналіз останніх досліджень і публікацій.*** У зв'язку з постійним підвищенням комунальних тарифів, реноваціям будівель для підвищення їхньої енергоефективності, приділяється все більше уваги. Першим етапом у такому комплексі робіт є енергоаудит, який необхідно проводити у відповідності до діючих нормативів [6, 7]. Для закладів освіти, з питань енергетичного аудиту, розроблена методика, яка дозволяє виявити основні проблеми та запропонувати заходи з енергозбереження [8]. У галузі енергоменеджменту, на основі математичного моделювання, існує значний доробок вітчизняних та зарубіжних вчених. Зокрема, з енергозберігаючих технологій [8, 9], з обрання оптимальних геометричних параметрів будівель [10], з

дослідження багатокритеріальних моделей з використанням нечіткої логіки [11]. Авторами цієї статті розробляється композиційний метод геометричного моделювання багатофакторних процесів, який дає можливість не обмежувати кількість факторів для включення їх до процесу моделювання [12, 13]. Композиційний метод геометричного моделювання розробляється на основі точкового БН-числення [14], який дозволяє виконати геометричну формалізацію ситуацій та процесів без обмеження кількості та природи факторів.

Велика кількість факторів, включених до моделі, підвищує адекватність геометричної формалізованої моделі. Ця стаття спрямована на подальшу розробку композиційного методу геометричного моделювання багатофакторних ситуацій та процесів.

**Формулювання цілей статті.** Запропонувати спосіб і розробити алгоритм геометричної формалізації для аналізу дискретно поданої інформації щодо типомodelей фактору для конкретної ситуації, яку вони (типомodelі) утворюють.

**Основна частина.** Як відомо [1], ситуація – це сукупність умов, обставин та елементів, що складаються випадково і створюють певне становище. Однією з особливостей ситуації є те, що її елементи функціонально не пов'язані один з одним, заміна одного з елементів не тягне за собою заміни або зміни інших. При зміні елементів змінюється композиція ситуації [2].

У процесах реновації будівель, з метою підвищення їхньої енергоефективності, по кожному з компонентів, що використовують для виконання робіт, виникає безліч ситуацій через велику кількість пропозицій типомodelей, які є на ринку. Тому економічно обгрунтоване обрання компонентів із ситуації, яка складається по кожному фактору, є важливою задачею. Розглянемо, на прикладі фактору «Вікно», спосіб обрання елементу економічно обгрунтованого за певним критерієм. Ситуація для фактору «Вікно», що склалася на ринку пропозицій вікон, наведена у таблиці 1. Комбінація, що визначає ситуацію (табл.1), є випадковою і неповною, тому що вікон на ринку пропонується набагато більше, ніж 20, і не всі вони внесені у табл.1 для розгляду. Тому, у будь-якому випадку, кількість вікон може бути збільшена або зменшена, одні можуть бути вилучені, інші додані. З проведенням таких дій буде змінюватися ситуація у табл.1. Послідовність запису цих 20-ти вікон також є випадковою, вона, за необхідності, може бути змінена.

Таким чином, за допомогою таблиць подаються ситуації. Для геометричної формалізації ситуації, кожному типомodelю вікна будемо сприймати як точку, а параметри, що характеризують типомodelь, будуть її координатами. Зауважимо, що послідовність запису параметрів точки не має значення, що означає – зміна послідовності запису



Постає задача: з'ясувати, на основі аналізу вихідних параметрів, яким з цих 20-ти точок надати перевагу за сформованим критерієм оцінки. Зауважимо, що для будь-якого фактору, може бути сформовано декілька критеріїв, в залежності від яких будуть змінюватися і переваги серед точок-вікон.

Для прикладу оберемо за критерій співвідношення ціна-якість. За ціну оберемо, у відповідності до послідовності параметрів у табл.1, параметр 1.3. «Загальна вартість вікна з монтажем». Однак, якщо подивитися розбіг значень економічних параметрів для точки 2 (Вікно 2), то вони знаходяться у межах від 0.07 Гкал по параметру 1.5 до 1901.00 грн по параметру 1.3. Крім того, параметри мають різну природу і, відповідно, різні одиниці вимірювання. Отже, їхнє порівняння у абсолютних величинах не є можливим. Для досягнення можливості їхнього порівняння введемо відносні величини, які названо «коефіцієнтами сумірності (спільномірності)», за допомогою яких вирівнюється форма впливу усіх параметрів на загальну оцінку ситуації щодо кожної з точок фактору. При введенні коефіцієнтів сумірності, кількісне значення параметру втрачається в аналізі, але вплив його на якісну оцінку кожної з типомоделей фактору залишається. Введення коефіцієнтів сумірності необхідне для того, щоб виявити однаковий вплив усіх параметрів (координат) точки на прийняття управлінських рішень, тобто щоб за малими числовими значеннями не загубити великого якісного їхнього впливу на прийняття рішення.

Наведемо приклад визначення коефіцієнту сумірності ( $C_i$ ) для параметру 1.5. «Економія на опаленні за сезон» на базі точки 2 (Вікно 2). Для цього, для другої типомоделі, роглянемо відношення «1.1. Вартість вікна», грн., до 1.5. «Економія на опаленні за сезон», Гкал., тобто:

$$C_{1.5} = \frac{1657,2}{0,07} = 23674 \approx 23000. \quad (1)$$

Коефіцієнт  $C_{1.5}$  прийнято 23000 для спрощення тестових розрахунків.

Потім, для усіх точок від 2-ої до 20-ої розраховуємо, зберігаючи сталим коефіцієнт  $C_{1.5}=23000$ , значення параметру 1.5, результат розрахунків наведемо у таблиці 2.

Змінене значення параметру 1.5 «Економія на опаленні за сезон» позначимо  $\Pi_{1.5}$ , яке розраховується як  $\Pi_{1.5} = \text{ВП}_{1.5} \cdot C_{1.5}$  і буде виконувати роль показника якості для параметру 1.5 (стовпчик 4 табл.2). Тоді співвідношення «ціна/якість»  $C_{\Pi_{1.5}}$  знайдемо:

$$C_{\Pi_{1.5}} = \frac{B_{1.5}}{\Pi_{1.5}}.$$

За результатами розрахунків  $C_{П1.5}$  (стовпчик 6 табл.2) побудуємо графік (рис.1).

Таблиця 2

## Розрахунок співвідношень «ціна/якість» для параметру «1.5»

№ вікна	$C_{1.5}$	Значення парам. $В_{П1.5}$	Показник якості $П_{1.5}$	Вартість $В_{1.5}$	Співвідношення «ціна/якість» $C_{П1.5}$
2	23000	0,07	1610	1901	1,1807
3	23000	0,26	5980	2998,3	0,5014
4	23000	0,21	4830	2632,5	0,5450
5	23000	0,17	3910	3894,2	0,9960
6	23000	0,04	920	2059,13	2,2382
7	23000	0,11	2530	2429,76	0,9604
8	23000	0,11	2530	783,12	0,3095
9	23000	0,16	3680	783,12	0,2128
10	23000	0,3	6900	4647,78	0,6736
11	23000	0,26	5980	4531,23	0,7577
12	23000	0,19	4370	9374,71	2,1452
13	23000	0,14	3220	9350,33	2,9038
14	23000	0,04	920	2395,59	2,6039
15	23000	0,31	7130	5195,58	0,7287
16	23000	0,11	2530	3202,4	1,2658
17	23000	0,21	4830	7255,39	1,5022
18	23000	0,25	5750	7255,39	1,2618
19	23000	0,19	4370	7255,39	1,6603
20	23000	0,05	1150	7255,39	6,3090

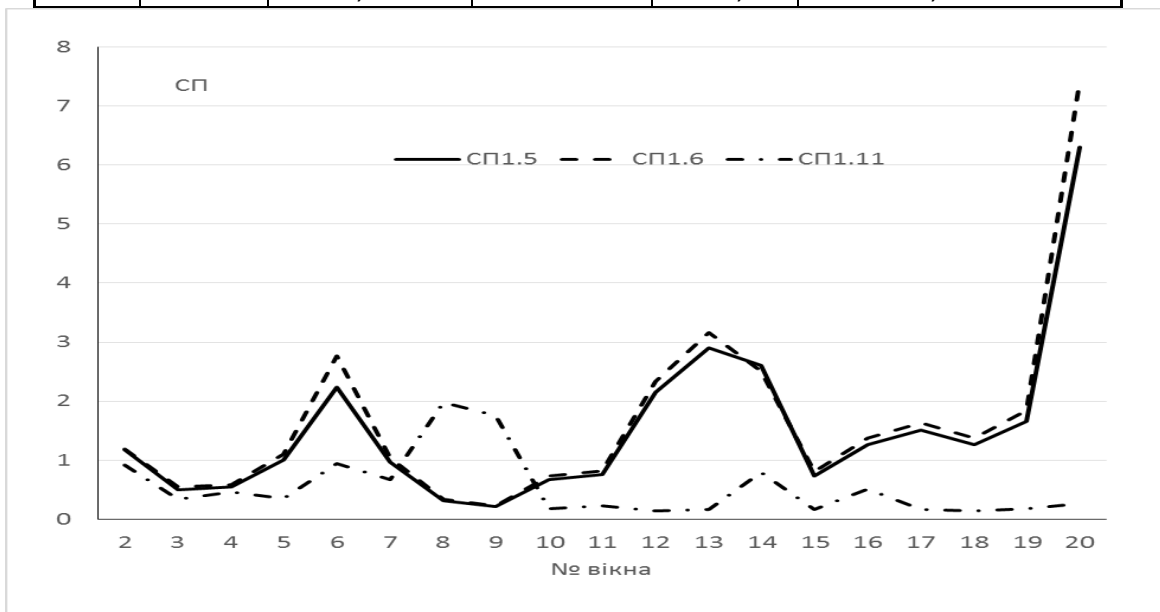


Рис.1. Оцінка вихідних точок за критерієм «ціна/якість» для параметрів 1.5, 1.6, 1.11.

Аналогічним чином виконаємо розрахунки за параметром 1.6 «Економія на опаленні за сезон» (грн), коефіцієнт сумісності визначаємо аналогічно (1), використовуючи точку 2 (Вікно 2):

$$C_{1.6} = \frac{1.1}{1.6} = \frac{1657,2}{106,27} = 15,59 \approx 15.$$

Результати розрахунків зведемо у таблицю 3.

Таблиця 3

Розрахунок співвідношень «ціна/якість» для параметру «1.6»

№ вікна	$C_{1.6}$	Значення парам. $ВП_{1.6}$	Показник якості $П_{1.6}$	Вартість $В_{1.6}$	Співвідношення «ціна/якість» $C_{П1.6}$
2	15	106,27	1594,05	1901	1,1926
3	15	364,16	5462,4	2998,3	0,5489
4	15	303,23	4548,45	2632,5	0,5788
5	15	235,22	3528,3	3894,2	1,1037
6	15	49,59	743,85	2059,13	2,7682
7	15	155,87	2338,05	2429,76	1,0392
8	15	155,87	2338,05	783,12	0,3349
9	15	228,13	3421,95	783,12	0,2289
10	15	426,5	6397,5	4647,78	0,7265
11	15	368,41	5526,15	4531,23	0,8200
12	15	267,81	4017,15	9374,71	2,3337
13	15	196,96	2954,4	9350,33	3,1649
14	15	63,76	956,4	2395,59	2,5048
15	15	433,59	6503,85	5195,58	0,7988
16	15	155,87	2338,05	3202,4	1,3697
17	15	296,14	4442,1	7255,39	1,6333
18	15	351,41	5271,15	7255,39	1,3764
19	15	263,55	3953,25	7255,39	1,8353
20	15	65,18	977,7	7255,39	7,4209

Результати розрахунків за критерієм «ціна/якість» для параметру 1.6 також відобразимо на графіку (рис.1) штриховою лінією. Як бачимо (рис.1), графіки економії на опаленні у гігакалоріях ( $C_{П1.5}$ ) та у гривнях ( $C_{П1.6}$ ) практично повторюють один одного. Це зрозуміло, тому що вони є спорідненими і вказують на те, що за досліджуваними показниками найкращими є вікна 8 та 9. Однак, якщо поглибити вимоги через дослідження параметру 1.11, який вказує на загальні витрати енергії за рік у кВт·год, тобто на експлуатаційні

витрати, які будуть мати місце щорічно, то ситуація зміниться. Розрахуємо, як і у попередніх випадках, за показниками другої точки (Вікно 2) коефіцієнт сумірності  $C_{1.11}$  для загальних витрат енергії на рік:

$$C_{1.11} = \frac{1657,2}{583,46} = 2,84 \approx 3.$$

Результати усіх подальших розрахунків, стосовно кореляції параметру 1.11, зведемо у таблицю 4.

Таблиця 4

## Розрахунок співвідношень «ціна/якість» для параметру «1.11»

№ вікна	$C_{1.11}$	Значення парам. $В_{П1.11}$	Показник якості $П_{1.11}$	Вартість $В_{1.11}$	Зворотне співвідношення «ціна/якість» $C_{П1.11} = \frac{П_{1.11}}{В_{1.11}}$
2	3	583,46	1750,38	1901	0,9208
3	3	334,46	1003,38	2998,3	0,3346
4	3	397,46	1192,38	2632,5	0,4529
5	3	454,81	1364,43	3894,2	0,3504
6	3	646,7	1940,1	2059,13	0,9422
7	3	543,2	1629,6	2429,76	0,6707
8	3	516,05	1548,15	783,12	1,9769
9	3	457,52	1372,56	783,12	1,7527
10	3	278,27	834,81	4647,78	0,1796
11	3	338,22	1014,66	4531,23	0,2239
12	3	426,63	1279,89	9374,71	0,1365
13	3	510,15	1530,45	9350,33	0,1637
14	3	634,91	1904,73	2395,59	0,7951
15	3	271,95	815,85	5195,58	0,1570
16	3	543,2	1629,6	3202,4	0,5089
17	3	392,56	1177,68	7255,39	0,1623
18	3	335,13	1005,39	7255,39	0,1386
19	3	418,73	1256,19	7255,39	0,1731
20	3	618,34	1855,02	7255,39	0,2557

Звернемо увагу на те, що у табл.4 у останньому стовпчику при розрахунках  $C_{П1.11}$  було взято зворотну величину до критерію «ціна/якість». Це було зроблено для того, щоб виконувати тільки операції додавання (замість віднімання) співвідношень. Результати

розрахунків з табл.4 зображені на графіку (рис.1) штрих-пунктирною лінією з точкою. Знайдемо суму цих співвідношень  $C_{\Pi i}$  «ціна/якість» з таблиць 2, 3, 4, результати зведемо у таблиці 5.

Таблиця 5

Розрахунок до суперпозиції  $C_{\Pi i}$ 

№ вікна	$C_{\Pi.5}$	$C_{\Pi.6}$	$C_{\Pi.11}$	$\sum C_{\Pi i}$ 1 рік	$\sum C_{\Pi i}$ 2 роки
2	1,18075	1,1925598	0,920768	3,29407319	4,2148
3	0,50139	0,5488979	0,3346496	1,38493551	1,7196
4	0,54503	0,5787686	0,4529459	1,57674552	2,0297
5	0,99596	1,1037043	0,3503749	2,45003833	2,8004
6	2,23818	2,768206	0,942194	5,94858477	6,8908
7	0,96038	1,039225	0,6706835	2,67028797	3,3410
8	0,30953	0,3349458	1,9769001	2,62137948	4,5983
9	0,2128	0,228852	1,7526816	2,1943379	3,9470
10	0,67359	0,7264994	0,1796148	1,5797055	1,7593
11	0,75773	0,8199615	0,223926	1,80161818	2,0255
12	2,14524	2,3336719	0,1365258	4,61544027	4,7520
13	2,90383	3,1648829	0,1636787	6,23239079	6,3961
14	2,6039	2,5047992	0,7950985	5,90379991	6,6989
15	0,72869	0,7988468	0,1570277	1,68456739	1,8416
16	1,26577	1,3696884	0,5088683	3,14432752	3,6532
17	1,50215	1,6333243	0,1623179	3,29779341	3,4601
18	1,26181	1,376434	0,1385715	2,7768124	2,9154
19	1,66027	1,8352975	0,1731389	3,66870872	3,8418
20	6,30903	7,4208755	0,2556747	13,9855851	14,2413

У табл.5 розраховано:

$$\sum_{1 \text{ рік}} C_{\Pi i} = C_{\Pi.5} + C_{\Pi.6} + C_{\Pi.11}.$$

$$\sum_{2 \text{ роки}} C_{\Pi i} = C_{\Pi.5} + 2 \cdot C_{\Pi.6} + 2 \cdot C_{\Pi.11}.$$

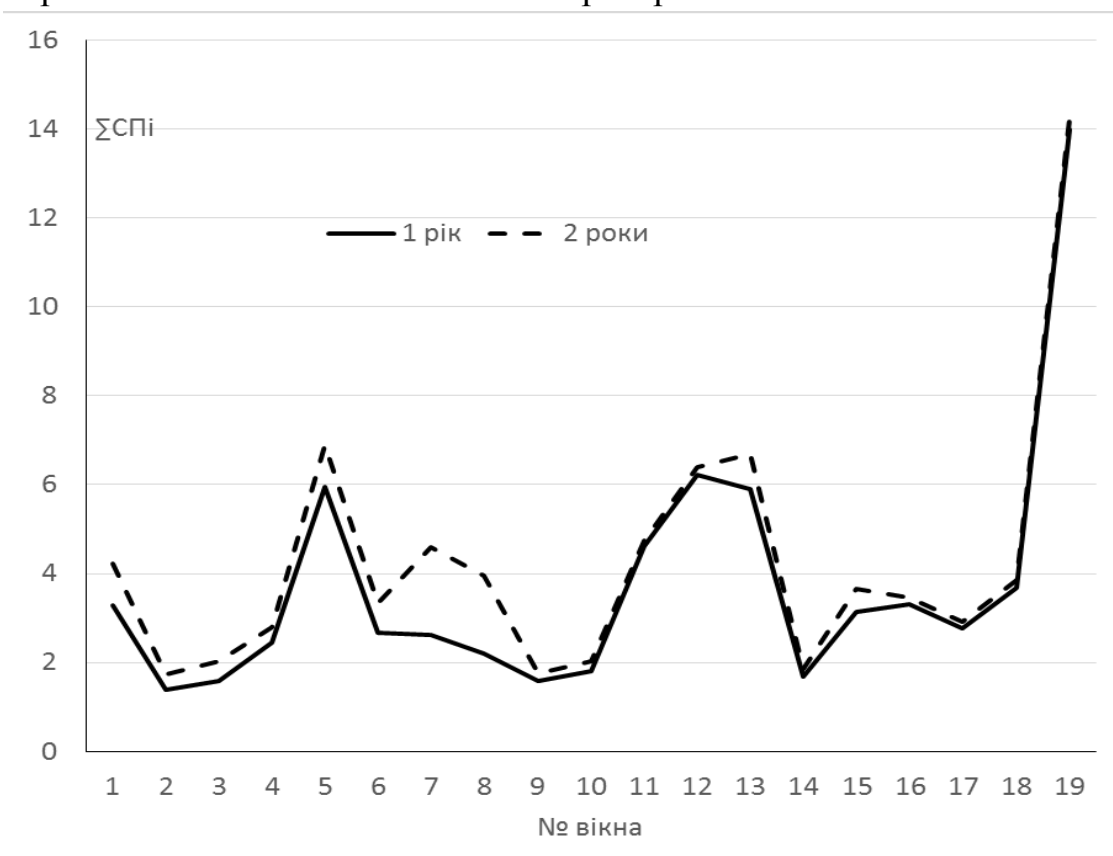
Витрати 1.11 є щорічними, тому їхнє накопичення буде знижувати ефективність дешевого монтажу за рахунок збільшення експлуатаційних видатків (рис.2).

На рис. 1 бачимо, точки 8 та 9 є найменш затратними за монтажем і вартістю, але на рис.2 за два роки експлуатації вони повністю втратили ефект початкової дешевизни. За рахунок якісних показників перевагу мають точки 3, 4, 5, 10, 11, 15, 18. І з кожним



роком, за рахунок малих втрат енергії, вони даватимуть ще більшу перевагу від їхнього застосування.

Було наведено один із варіантів визначення, за критерієм «ціна/якість», типомоделі вікон, які мають найбільшу перевагу для їхнього застосування. Зі зміною критеріїв будуть змінюватись і переваги типомodelей. Обирається та типомодель, яка буде мати переваги за найбільшою кількістю критеріїв.



Виникає питання, чому у запропонованому способі геометричної формалізації не було застосовано Б-поверхні відгуку [2-5] для фактору «Вікно»? Річ у тім, що будь-яка ситуація подається у вигляді таблиці, у якій визначено точки-вікна, а це означає, що вихідна інформація є дискретною. Тобто, проміжних типомodelей між  $i$ -ою та  $i+1$ -ю не існує на ринку вікон. У той же час Б-поверхні подають геометричні фігури або неперервно, або дискретно, до яких можна застосувати процес згущення. Згущувати точки, що подають вікна, немає ніякого сенсу. Виходячи зі сказаного, було розроблено дискретний спосіб геометричної формалізації ситуацій щодо фактору «Вікно», який можна застосовувати до будь-якого іншого фактору у композиційному методі геометричного моделювання.

**Висновки.** Запропоновано спосіб аналізу дискретної інформації з метою визначення, за певними критеріями, найкращого варіанту з ситуації, що відображається композицією типомоделей для будь-якого фактору. Цей спосіб геометричної формалізації дозволяє визначити типомодель фактору, застосування якої у реновації будівель буде давати найкращий, за певним критерієм, економічний, екологічний, технологічний, художньо-естетичний, тощо ефект.

### *Література*

1. Глумачний словник сучасної української мови / Уклад. І.М. Забіяка. – К.: Арій, 2007. – 512 с.
2. Адоньєв Є.О. Композиційний метод геометричного моделювання: суть, особливості та перспективи застосування / Є.О. Адоньєв // Сучасні проблеми моделювання: зб. наук. праць. – Мелітополь: Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2017. – Вип. 8. – С. 3-14.
3. Адоньєв Є.О. Алгоритм формування моделей багатфакторних процесів композиційного методу / Є.О. Адоньєв, В.М. Верещага, А.В. Найдиш // Збірник доповідей VI-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених». – К.: НТУУ «КПІ» – 2017 р. – Випуск 6. – С. 12–18.
4. Адоньєв Є.О. Застосування поверхонь відгуку при моделюванні сталого енергетичного розвитку міст / Є.О. Адоньєв, В.М. Верещага // Вісник Херсонського національного технічного університету. – Херсон: ХНТУ, 2016. – Вип. 3(58). – С. 471–476.
5. Адоньєв Є.О. Визначення та аналіз параболічної поверхні Балюби (БПП) / Є.О. Адоньєв, В.О. Верещага // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Дніпро, 2017. – Випуск 1 (108). – С. 3–11.
6. ДСТУ-НБА.2.2-5:2007 «Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції» [Чинний від 2008-07-01]. – К.: Державне підприємство «Укрархбудінформ», 2008. – 43 с.
7. Фаренюк Г.Г. Розвиток нормативної бази з енергоефективності будівель [Електронний ресурс] / Г.Г. Фаренюк // ЭСКО. Города и здания. – 2013. – Вип. 6. – С. 48–58. — Режим доступу до журн.: [http://journal.esco.co.ua/cities/2013\\_6/art132.pdf](http://journal.esco.co.ua/cities/2013_6/art132.pdf).

8. Методика проведення енергетичного аудиту закладів освіти. Загальні положення. Порядок проведення. / [В.І. Дешко, А.В. Праховник, В.В. Прокопенко та ін.]. – К.: НТУУ «Київський політехнічний інститут», Інститут енергозбереження та енергоменеджменту, 2009. – 75 с.
9. Розробка моделей та методів інтегрованих систем управління ефективністю енерговикористання об'єктів галузі освіти: звіт про НДР (заключ.) НТУУ «КПІ» [Електронний ресурс] / кер. роб. В. Дешко. – К., 2014. – 195 с. + CD-ROM. – Д/б №2667-п– Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/12664>
10. Мартинов В.Л. Моделювання оптимальних геометричних параметрів енергоефективних будівель гранної форми. [Текст]: дис.... докт. техн. наук: 05.01.01 / Вячеслав Леонідович Мартинов – Кременчук: Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського, 2014. – 352 с.
11. Ячник Є.А. Розробка багатокритерійних моделей та засобів управління енерговикористанням у навчальних закладах. [Текст]: дис.... канд. техн. наук: 05.14.01 / Євген Анатолійович Ячник – К.: НТУУ «Київський політехнічний інститут», 2011. – 232 с.
12. Адоньєв Є.О. Композиційний метод утворення поверхонь: суть, особливості та перспективи використання у моделюванні багатофакторних процесів / Є.О. Адоньєв, В.М. Верещага, А.В. Найдиш // Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-практичної конференції «Обухівські читання» (21 березня 2017 року) / Національний університет біоресурсів і природокористування України. – К., 2017. – С. 94 – 99.
13. Верещага В.М. Монофакторний принцип побудови моделі багатофакторних задач термореновації будівель [Текст] / В.М. Верещага, Є.О. Адоньєв // Сучасні проблеми моделювання: зб. наук. праць / МДПУ ім. Б. Хмельницького; гол. ред. кол. А.В. Найдиш. – Мелітополь: Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2016. – Вип. 7. – С. 24–31.
14. Балюба И.Г. Точечное исчисление [учебное пособие] // И.Г. Балюба, В.М. Найдыш; под ред. Верещаги В.М. – Мелітополь: Изд-во МГПУ им. Б. Хмельницкого, 2015. – 234 с.

## ОДИН ИЗ СПОСОБОВ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМАЛИЗАЦИИ СИТУАЦИЙ ОТДЕЛЬНОГО ФАКТОРА

Адоньев Е.А., Верещага В.М.

*В статье разработан способ геометрической формализации дискретной информации, представленный в виде таблицы исходных данных определенного фактора, в которой отражена ситуация относительно существующих типомodelей этого фактора и их характеристики экономического, технологического, экологического, художественно-эстетического и любого другого направления.*

*Ключевые слова: композиционный метод, ситуация по фактору, дискретная кривая, реновация зданий, энергоэффективность.*

## ONE OF THE METHODS OF GEOMETRIC FORMALIZATION OF THE SEPARATE FACTOR SITUATIONS

Adoniev Y., Vereshchaga V.

*The method of geometrical formalization of discrete information submitted in the form of a table of initial data of a certain factor is developed in which the situation with respect to the existing model types of this factor and their characteristics of economic, technological, ecological, artistic and aesthetic and any other direction are reflected.*

*Key words: composite method, factor situation, discrete curve, renovation of buildings, energy efficiency.*