

Wyznaczanie zakresu remontu budynku mieszkalnego

Robert Bucoń¹, Anna Sobotka²

¹ *Katedra Inżynierii Procesów Budowlanych, Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Lubelska, r.bucon@pollub.pl*

² *Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie, sobotka@agh.edu.pl*

Streszczenie: Podejmowanie decyzji dotyczących wyboru rozwiązania remontowego jest zadaniem trudnym i złożonym, wymagającym od zarządcy uwzględnienia zarówno korzyści wynikających z wykonania określonych napraw, priorytetu określającego pilność naprawy jak również ograniczeń w dostępności nakładów finansowych. Wybór rozwiązania remontowego z uwzględnieniem powyższych warunków wymagał opracowania kompleksowego podejścia, które w pierwszej kolejności pozwala ocenić stan budynku i na tej podstawie wskazać potrzebny zakres remontu, z podaniem stopnia pilności napraw. W następnym etapie obliczeń autorzy proponują wykorzystanie rozmytego rozwinięcia metody AHP do określania istotności przyjętych w pracy kryteriów, których ocena stanowi podstawę uszeregowania i wyboru rozwiązań remontowych w zastosowanej metodzie TOPSIS. Podano przykład liczbowy zastosowania proponowanej metody wyboru rozwiązania remontowego wielorodzinnego budynku mieszkalnego.

Słowa kluczowe: rozwiązanie remontowe, wymagania eksploatacyjne, ocena budynku, naprawa, remont.

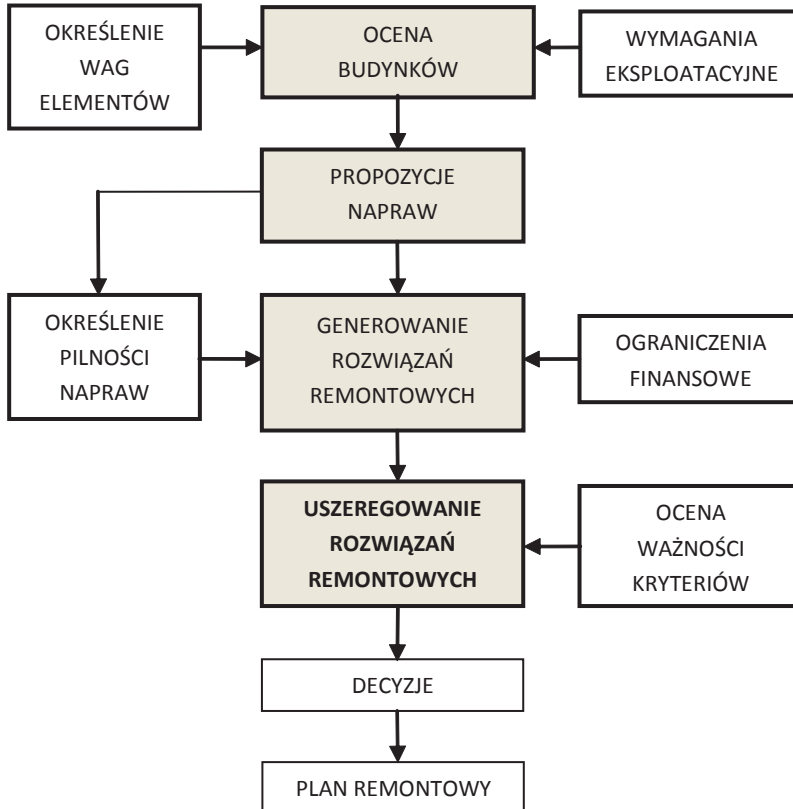
1. Wprowadzenie

Zarządzanie budynkami mieszkalnymi wymaga utrzymania budynku w stanie niepogorszonym i nakłada na zarządcę obowiązek zasadnego inwestowania środków finansowych przeznaczonych na remont [1]. Trudności temu towarzyszące są głównym powodem, dla którego podejmowanie decyzji przy wyborze napraw budynku wymaga od zarządcy dużego doświadczenia i umiejętności. Jest to związane z wielokryterialną oceną stanu budynku, prowadzącą do wyznaczenia zakresu napraw. Spełnienie wymagań, w ocenie budynku, powinny odnosić się zarówno do przepisów ujętych w prawie budowlanym oraz stawianych przez użytkowników. Według [2,3,4] wymagania te dotyczą oceny technicznej, energetycznej, wizualnej i funkcjonalnej budynku. Ocena budynku dla przyjętych wymagań eksploatacyjnych pozwala zdiagnozować jego stan i na tej podstawie określić potrzeby remontowe. Jednakże środki finansowe przeznaczane na remonty są zazwyczaj niewystarczające do ich przeprowadzenia. Zachodzi, zatem konieczność określenia takiego zakresu remontu, który przy uwzględnieniu warunków ograniczających, tj. dostępności środków finansowych oraz przypisanej proponowanym naprawom pilności wykonania, pozwoli wybrać te, które przynoszą największy przyrost ocen cząstkowych wartości użytkowej budynku, tj. stanu technicznego ST , energetycznego SE , funkcjonalnego SF i wizualnego SW .

W artykule autorzy proponują zastosowanie kompleksowego podejścia do wyboru rozwiązania remontowego. Obejmuje ono diagnostykę stanu budynku m.in. przy użyciu skali ocen lingwistycznych, określenie potrzeb remontowych na podstawie przeprowadzonej oceny, uszeregowanie proponowanych działań remontowych za pomocą wielokryterialnej metody TOPSIS, w której do ustalenia ważności przyjętych kryteriów oceny, stosowane jest rozwinięcie metody AHP Saaty'ego, pozwalającej uwzględnić rozbieżności w ocenie ważności przyjętych kryteriów.

2. Opis proponowanej metody

Proponowane podejście służące do wyboru rozwiązania remontowego obejmuje wiele działań, których etapy przedstawiono na rysunku 1. W poszczególnych etapach proponowanego podejścia przyjęto metody obliczeniowe, które szczegółowo opisywane są w dalszej części artykułu.



Rys. 1. Schemat proponowanej metody wyboru rozwiązania remontowego

2.1. Określanie ważności elementów do oceny wymagań eksploatacyjnych

Przyjętym rozwiązaniem do określenia wag elementów przyjętych do oceny wymagań eksploatacyjnych jest metoda pseudo-rozmytego skalowania [5], którego procedura obliczania wag składa się z następujących kroków:

- określenie przez ekspertów wpływu i -tego elementu na j -te kryterium ST , SF , SE , SW posługując się stopniową skalą ważności w_L (bardzo duży $BD = 0,9$, duży $D = 0,7$, średni $S = 0,5$, mały $M = 0,3$, bardzo mały $BM = 0,1$) oraz oceny pośrednie: $BD/D = 0,8$; $D/S = 0,6$; $S/M = 0,4$; $M/BM = 0,2$;
- obliczenie dla każdego i -tego elementu j -tego kryterium stopnia przynależności opinii ekspertów μ_L^{ij} do zmiennej lingwistycznej $L = \{BD, BD/D, D, \dots, BM\}$;
- wektory i macierze: – czcionka prosta pogrubiona – 10pkt.

$$\mu_L^{ij} = \frac{O_L^{ij}}{N}, \quad (1)$$

gdzie: O_L^{ij} - liczba ocen ekspertów zgodnych dla każdej zmiennej lingwistycznej L , dla i -tego elementu przy czym $i = 1, 2, \dots, k$, dla j -tego kryterium $j = 1, 2, 3$, N - liczba ekspertów biorących udział w ocenie.

- d) obliczenie wagi elementu w_{ij}^* każdego i -tego elementu, j -tego kryterium w sposób następujący:

$$w_{ij}^* = w_{ij} / \sum_{i=1}^n w_{ij}, \quad (2)$$

gdzie: $w_{ij} = \sum_L^M w_L \cdot \mu_L^{ij}$, w_L - wartości wag zmiennych lingwistycznych L , M - liczba stosowanych skal ważności $M = 9$, n - liczba elementów i -tego kryterium.

2.2. Ocena wymagań eksploatacyjnych i określanie potrzeb remontowych

Ocena budynku przeprowadzana jest w oparciu o przyjęte kryteria: stan techniczny ST , energetyczny SE i funkcjonalny SF i wizualny SW .

Do oceny stanu technicznego przyjęto metodę „średniej ważonej” (3), w której wskaźnik stopnia zużycia elementu budynku wyrażony jest w 5 stopniowej skali ocen lingwistycznych: bardzo dobry BD (0%), dobry D (20%), średni S (40%), zły Z (60%), bardzo zły BZ (80%). Mogą być również stosowane oceny pośrednie: BD/D (10%), D/S (30%), S/Z (50%), Z/BZ (70%).

$$O_{K_j} = \sum_{i=1}^n \frac{w_{ij} \cdot O_{ij}}{100}, \quad (3)$$

gdzie: w_{ij} , O_{ij} - waga, ocena (wskaźnik zużycia) i -tego elementu dla j -tego kryterium.

Do oceny stanu funkcjonalnego oraz wizualnego zastosowano również metodę „średniej ważonej”, ale w tym przypadku wskaźnikowi oceny stanu wyrażonego w takiej samej jak poprzednio skali ocen lingwistycznych przypisano wartości liczbowe od 1-5 z odpowiadającymi im określeniami lingwistycznymi $BZ-BD$ [4].

Do oceny energetycznej budynku proponuje się skorzystanie z metody, przedstawionej w normie PN-B-02025, pozwalającej na obliczenie wskaźnika E wyrażonego w kWh/m² rok, określającego sezonowe zapotrzebowanie budynku na energię do ogrzewania. Proponowana do oceny elementów skala ocen lingwistycznych odnosi się do stopnia spełnienia wymagań normowych, tj. P (ponad wymagania), S (spełnia wymagania), N (nieznacznie nie spełnia wymagań), Z (znacznie nie spełnia wymagań).

Ocena elementów budynku przy użyciu określeń lingwistycznych jest podstawą określenia potrzebnych działań remontowych (napraw) N_j . Proponowane naprawy budynku mogą w różnym stopniu wpływać na poprawę przyjętych kryteriów. Zadaniem zarządcy jest zaproponowanie odpowiedniej technologii przeprowadzenia naprawy (najlepiej w kilku wariantach), dla których wymagane jest określenie przyrostu Δ dla przyjętych w pracy kryteriów K_j .

2.3. Generowanie rozwiązań remontowych

Zakres proponowanych napraw w budynku zazwyczaj przekracza możliwości finansowe, które są określone dla budynku w zaplanowanym budżecie. Zachodzi, zatem konieczność wyboru spośród proponowanych napraw tych, których wykonanie przyniesie największą korzyść mierzoną przyrostem wartości dla przyjętych kryteriów oraz których koszt wykonania nie przekroczy zaplanowanych wydatków przeznaczonych na remont. W przypadku, gdy kwota przeznaczona na remont pozwala rozpatrywać wiele możliwych wariantów remontowych, składających się z poszczególnych napraw, konieczne staje się zastosowanie odpowiednich narzędzi obliczeniowych umożliwiających ich wygenerowanie.

Przy określaniu możliwych rozwiązań remontowych, należy również uwzględnić priorytet naprawy, który określa stopień pilności jej wykonania. Może on być wyrażony liczbowo (np. 1- pilny, 2- wymagany, 3-zalecany), bądź też określony poprzez podanie najpóźniejszego terminu wykonania naprawy. Generowanie rozwiązań remontowych z uwzględnieniem stopnia pilności ich wykonania, gwarantuje pierwszeństwo wyboru w rozwiązaniu napraw o wyższym priorytecie, np. takich, od wykonania, których, zależy bezpieczeństwo użytkowania budynku, przyspieszony proces destrukcji budynku itd.

2.4. Określenie wag kryteriów

Proponowana metoda jest rozwinięciem stosowanej przez Buckley'a [6] rozmytej metody AHP (analityczny proces hierarchiczny), pozwalającej na wyznaczenie wspólnej opinii, będącej kompromisem, ze względu na brak zgodności preferencji decydentów.

W pierwszej kolejności przeprowadzane jest porównywanie przyjętych do oceny kryteriów przy użyciu pojęć lingwistycznych: nieważne N , mniej ważne MW , równie ważne RW , ważniejsze W i dużo ważniejsze DW w skali od 1 do 9. Zmienne lingwistyczne są opisane przez liczby rozmyte $a_{ijk} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ o trójkątnych funkcjach przynależności, odpowiednio dla $N(1,2,3)$, $MW(2, 3.5, 5)$, $RW(3.5, 5, 6.5)$, $W(5, 6.5, 8)$, $DW(7, 8, 9)$.

Wynikiem porównań parami analizowanych kryteriów jest zbiór macierzy:

$$A_k = \{a_{ijk}\}, i = 1, 2, \dots, n-1, j = 2, 3, \dots, n, j > i, k = 1, 2, \dots, K \quad (4)$$

gdzie: a_{ijk} oznacza ocenę preferencji kryterium i względem j , wyrażoną w przyjętej rozmytej skali ocen i dokonaną przez eksperta k .

Obliczanie miejscowych wag kryterium elementu w_j przeprowadzana jest w oparciu o metodę normalizacji średniej geometrycznej *NGM (Normalization Geometric Mean)* [6]:

$$w_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^n g_j}, \quad (5)$$

gdzie: $g_j = \left(\prod_{i=1}^n a_{ij}\right)^{1/n}$, a_{ij} - wartość porównania kryterium i z kryterium j .

Dla oceny grupowej przeprowadza się agregację różnorodnych ocen cząstkowych. Suma różnych ocen (preferencji) ekspertów zawiera wartości przedstawione za pomocą funkcji przynależności, reprezentowane przez punkty charakterystyczne (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) . Agregacja ocen cząstkowych przeprowadzana jest za pomocą operatora max-min [6]:

$$\mu_A(x) = \max\{\min[\mu_1(x), \mu_2(x), \dots, \mu_n(x)]\}, \quad (6)$$

gdzie: $\mu_A(x)$ - wartość funkcji przynależności elementu x w agregowanym podzbiornie $\mu_1(x), \mu_2(x), \dots, \mu_n(x)$ - stopień przynależności dla pierwszej, drugiej i n - tej opinii.

Otrzymany obszar w wyniku agregacji rozmytych ocen cząstkowych poddawany jest wyodrębnieniu za pomocą metody środka ciężkości *COG Center of Gravity*[6] w celu uzyskania dla różnych przekrojów α ostrych wartości wag kryteriów $w_j(\alpha)$:

$$w_j(\alpha) = \frac{\int_{x_1}^{x_2} \mu_i(x) \cdot x \, dx}{\int_{x_1}^{x_2} \mu_i(x) \, dx}, \quad (7)$$

gdzie: $\mu_i(x)$ - wartości funkcji przynależności kryterium dla przekroju α

Ostrą wartość wag kryteriów obliczana jest w sposób następujący:

$$\overline{w_j} = \frac{\sum_{j=1}^L \alpha_j w_j(\alpha_j)}{\sum_{j=1}^L \alpha_j} \quad j = 1, 2, \dots, 4. \quad (8)$$

2.5. Ocena i uszeregowanie rozwiązań remontowych

Przyjętym rozwiązaniem pozwalającym na uszeregowanie proponowanych rozwiązań remontowych jest metoda *TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)* [7]. Metoda polega na porównaniu wektora wartości kryteriów decyzyjnych K_j danego rozwiązania z wektorami rozwiązania idealnego A^+ oraz antyidealnego A^- .

Zakładamy, że badamy m -elementowy zbiór proponowanych rozwiązań remontowych budynku R_i , składających się z poszczególnych napraw N_i , których ocenę stanowi ich łączna wartość, tj. przyrost wartości dla każdego z kryteriów K_j . Następnie, aby umożliwić porównywanie ze sobą różnych wartości, w jakich wyrażone są oceny kryteriów, przeprowadzany jest proces skalowania:

$$v_{ij} = \frac{x_{ij} \cdot w_j}{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}, \quad j = 1, \dots, m, i = 1, \dots, n. \quad (9)$$

Na podstawie uzyskanych wartości v_{ij} wyznaczane są dla każdego kryterium K_j wektory rozwiązania idealnego A^+ oraz antyidealnego A^- :

$$A^+ = (v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+) = \{(\max_{i=1..m} v_{ij} \mid j \in J_Z), (\min_{i=1..m} v_{ij} \mid j \in J_K)\}, \quad (10)$$

$$A^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-) = \{(\min_{i=1..m} v_{ij} \mid j \in J_Z), (\max_{i=1..m} v_{ij} \mid j \in J_K)\},$$

gdzie: J_Z - zbiór kryteriów typu zysk, J_K - zbiór kryteriów typu koszt.

Następnie wyznaczone są odległości pomiędzy wektorami wartości proponowanych rozwiązań R_i a wektorami A^+ i A^- jako:

$$d_i^+ = \sqrt{\left(\sum_{j=1..k} (v_{ij} - v_j^+)^2\right)}, \quad d_i^- = \sqrt{\left(\sum_{j=1..k} (v_{ij} - v_j^-)^2\right)}. \quad (11)$$

Aby uszeregować proponowane rozwiązania remontowe tak, by najlepsze z nich miało najmniejszą odległość d^+ i największą d^- , wyznaczany jest współczynnik S_i :

$$S_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}, \quad i = 1, \dots, m. \quad (12)$$

Najlepsze rozwiązanie remontowe ma najmniejszą odległość od wektora idealnego A^+ i największą od wektora antyidealnego A^- .

3. Przykład zastosowania

Proponowane podejście zastosowano do wyboru najkorzystniejszego rozwiązania remontowego budynku mieszkalnego. Każdy z elementów budynku oceniono przy użyciu określonych lingwistycznych, którym przypisane są odpowiednie wartości liczbowe. Ocenę przyjętych kryteriów oceny budynku, tj. ST , SE , SF , SW przeprowadzono zgodnie ze sposobem opisanym w pkt. 2.2. po uprzednim określeniu wag elementów za pomocą pseudo-rozmytego skalowania (pkt. 2.1). Przy ich obliczeniu wzięto pod uwagę opinię 10-ekspertów, którzy określali ich wpływ na każde kryterium, np. dla elementu „ściany piwnic” eksperci zgodnie określili, że ma on bardzo duży BD wpływ na stan techniczny budynku i zgodnie z (1) oraz (2) wynosi 0,150. Wyniki obliczeń wag pozostałych elementów dla kryteriów K_{1-3} , zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Ocena stanu elementów budynku dla kryteriów K_j

Elementy budynku	ST [%]		SF [pkt]		SW [pkt]		SE [kWh/m ² rok]
	w_{i1}	O_{i1}	w_{i2}	O_{i2}	w_{i3}	O_{i3}	O_{i4}
1 Ściany nadziemne	0,150	\acute{S}	-	-	0,200	\acute{S}	Z
2 Ściany piwnic	0,100	\acute{S}/Z	-	-	0,050	BZ	Z
3 Stropy	0,105	\acute{S}	-	-	0,050	\acute{S}	Z
4 Dach	0,058	Z	-	-	-	-	Z
5 Balkony	0,050	Z	0,125	BZ	0,075	\acute{S}/Z	-
6 Klatka schodowa	0,046	\acute{S}/Z	0,243	\acute{S}	0,083	\acute{S}/Z	-
7 Wejścia do budynku	0,020	\acute{S}/Z	0,225	\acute{S}/Z	0,050	\acute{S}/Z	S
8 Stolarka okienna klatek schodowych i piwnic	0,022	Z	0,040	\acute{S}/Z	0,025	\acute{S}	Z
.....
15 Instalacja elektryczna/osprzęt	0,060	Z	0,015	Z	0,010	BZZ	-
Ocena O_{K_j} :	53,2		2,08		2,35		175,5

Na podstawie przeprowadzonej oceny elementów budynku (tabela 1) przedstawiono 15 propozycji napraw N_i . Dla każdej z nich określono przyrost Δ wartości, jaki przyniesie jej wykonanie, dla każdego z kryteriów K_j . Wszystkim naprawom przypisano również stopień pilności SP , zależnie od czasu w jakim powinny zostać wykonane, który wpływa na ich wybór przy generowaniu możliwych rozwiązań remontowych oraz obliczono koszt ich

wykonania. Zestawienie wyników (przyrostu wartości) proponowanych napraw przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Ocena proponowanych napraw budynku mieszkalnego wraz z określeniem ich stopnia pilności

N_i	Nazwa naprawy	SP	ΔST [%]	ΔSF [pkt]	ΔSW [pkt]	ΔSE [kWh/m ² rok]	Koszt [zł]
1	Naprawa ścian nadziemnych z dociepleniem	II	4,5	-	0,40	32,5	220 000
2	Naprawa i wykonie tynku na cokole	II	1,0	-	0,10	-	10 000
3	Wymiana pokrycia dachowego	II	2,3	-	-	-	100 000
4	Ocieplenie stropodachu	II	-	-	-	5,0	40 000
5	Naprawa i malowanie wiatrołapów	II	0,3	-	0,05	-	10 000
6	Przebudowa schodów wejściowych	II	0,3	0,45	0,05	-	20 000
7	Naprawa balkonów	I	2,0	-	0,15	-	90 000
8	Wykonanie zabudowy balustrad	III	-	0,50	0,1	-	50 000
9	Wymiana rynien dachowych i rur spustow.	II	0,5	-	0,05	-	10 000
10	Naprawa tynków z malowaniem (kl.schod.)	II	2,3	-	0,25	-	50 000
11	Wymiana stolarki okien. (kl. schod. i piwn.)	III	1,8	0,20	0,10	3,5	30 000
12	Wymiana stolarki drzwiowej	II	0,8	0,10	0,05	1,3	10 000
13	Docieplenie stropu nad piwnicą	III	-	-	-	10	50 000
14	Wykonanie izolacji ścian piwnic	II	3,0	-	0,15	-	70 000
15	Naprawa instal. elektr. i wymiana osprzętu	II	2,4	0,3	0,05	-	100 000

Założono, że przydział środków finansowych, dla rozpatrywanego okresu, tj. roku, przeznaczonych na naprawy w budynku, nie może przekroczyć zakładanej kwoty 300 000 zł, tj. środki zaplanowane w budżecie. Łączny koszt wszystkich proponowanych napraw w budynku wynosi 860 000 zł, a zatem znacząco przekracza zaplanowane wydatki na remont.

Dla założonej kwoty wygenerowano 10 spośród możliwych rozwiązań remontowych, z uwzględnieniem zaleceń dotyczących stopnia pilności napraw. Szczegółowy zakres rozwiązań remontowych R_i składających się z poszczególnych napraw N_i wraz z obliczonymi przyrostami dla każdego z kryteriów oraz przedstawiono w tabeli 3.

W ostatnim wierszu tabeli 3, zamieszczono wagi kryteriów w_j obliczone za pomocą rozmytej metody AHP, opisanej w pkt. 2.4.

Tabela 3. Zestawienie 10 rozwiązań remontowych dla założonego ograniczenia finansowego

R_i	N_i	ΔST [%]	ΔSF [pkt]	ΔSW [pkt]	ΔSE [kWh/m ² rok]
1	2, 3, 4, 5, 7, 10	7,90	0,00	0,55	5,00
2	2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 14	9,40	0,45	0,80	5,00
3	3, 4, 7, 14	7,30	0,00	0,30	5,00
4	2, 3, 5, 6, 7, 14	8,90	0,45	0,50	0,00
5	2, 3, 7, 15	7,70	0,30	0,30	0,00
6	4, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 14	9,20	0,55	0,75	6,30
7	3, 4, 5, 7, 9, 10	7,40	0,00	0,50	5,00
8	3, 5, 6, 7, 12, 14	8,70	0,55	0,45	1,30
9	2, 4, 5, 6, 7, 10, 12, 14	9,70	0,55	0,80	6,30
10	3, 5, 7, 15	7,00	0,30	0,25	0,00
	w_j	0,520	0,185	0,052	0,243

Do oceny i uszeregowania wygenerowanych rozwiązań remontowych zastosowano metodę TOPSIS. W celu ujednolicenia wartości ocen wygenerowanych rozwiązań dla każdego kryterium, przeprowadzono ich normalizację (9) a następnie określono wartości wektora rozwiązania idealnego A^+ i antyidealnego A^- zgodnie z (10). Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Znormalizowane wartości oceny proponowanych rozwiązań remontowych

K_j	Rozwiązanie remontowe R_j										Wektor	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	A^-	A^+
ΔST	0,155	0,185	0,143	0,175	0,151	0,181	0,145	0,171	0,191	0,138	0,138	0,191
ΔSE	0,090	0,090	0,090	0,000	0,000	0,114	0,090	0,023	0,114	0,000	0,000	0,114
ΔSF	0,00	0,068	0,000	0,068	0,045	0,083	0,000	0,083	0,083	0,045	0,000	0,083
ΔSW	0,016	0,024	0,009	0,015	0,009	0,022	0,015	0,013	0,024	0,007	0,007	0,024

Następnie dla każdego rozwiązania remontowego obliczono odległości od wzorca (11) rozwiązania idealnego A^+ i antyidealnego A^- . Na tej podstawie obliczono wektor S_i , którego wartość określa pozycję rankingową rozwiązania. Wyniki zestawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Ranking rozwiązań remontowych dla budynku mieszkalnego

Rozwiązania R_i	Naprawy N_i	Odległości		Ocena rozwiązania S_i
		d_j^+	d_j^-	
9	2, 4, 5, 6, 7, 12, 10, 14	0,0000	0,1516	1,000
6	4, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 14	0,0102	0,1482	0,936
2	2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 14	0,0289	0,1306	0,819
8	3, 5, 6, 7, 12, 14	0,0938	0,0924	0,496
1	2, 3, 4, 5, 7, 10	0,0939	0,0920	0,495
7	3, 4, 5, 7, 9, 10	0,0983	0,0906	0,480
3	3, 4, 7, 14	0,0999	0,0902	0,474
4	2, 3, 5, 6, 7, 14	0,1164	0,0778	0,401
5	2, 3, 7, 15	0,1275	0,0469	0,269
10	3, 5, 7, 15	0,1324	0,0450	0,254

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń, wyłoniono najkorzystniejsze rozwiązanie remontowe o numerze 9, składające się z ośmiu napraw (tabela 5), którego łączny koszt wykonania wynosi 300 tys. zł. Rozwiązanie to pozwala uzyskać przyrost wartości dla: $ST=9,7\%$, $SE=6,3$ kWh/m²rok, $SF=0,55$ pkt, $SW=0,8$ pkt.

4. Podsumowanie

W artykule przedstawiono metodykę wyboru rozwiązania remontowego najkorzystniejszego z punktu widzenia przyjętych w pracy kryteriów oceny. Metodyka ta obejmuje rozwiązanie czterech zadań polegających na ocenie budynku, wskazaniu napraw, wygenerowaniu możliwych rozwiązań remontowych oraz ocenie i uszeregowaniu proponowanych rozwiązań remontowych. W każdym etapie zaproponowano metodę rozwiązania postawionego zadania. Przy ocenie stanu budynku zastosowano metody pozwalające ocenić każde z przyjętych kryteriów. Dodatkowo na tym etapie zastosowano metodę pseudo-rozmytego skalowania pozwalającą określić wagi elementów przy ocenie ST , SF , SW . Zastosowanie przy ocenie elementów budynku określeń lingwistycznych pozwoliło w łatwy i szybki sposób określić ich stan i na tej podstawie wskazać potrzebne naprawy w budynku. Generowanie możliwych rozwiązań remontowych oparto na założeniu ograniczonej dostępności środków finansowych z uwzględnieniem przypisanego każdej naprawie stopnia pilności. W ostatnim etapie obliczeń, przy zastosowaniu rozmytego rozwiązania metody AHP pozwalającego określić istotność każdego z kryteriów oraz metody TOPSIS, poddano ocenie wygenerowane rozwiązania remontowe i na tej podstawie uszeregowano je zgodnie z uzyskaną oceną rankingową.

Przedstawione podejście może stanowić kompleksowe narzędzie wspomagające pracę zarządcy w zakresie wielokryterialnej oceny stanu budynku i wyboru rozwiązania remontowego z uwzględnieniem ograniczeń finansowych oraz stopnia pilności napraw.

Literatura

- 1 Ustawa z dnia 21 sierpnia 1997r. o gospodarce nieruchomościami, Dz.U.10.102.651.
- 2 Jaśkowski P., Bucoń R., Biruk S.: Ocena przydatności użytkowej budynków mieszkalnych z zastosowaniem rozmytego rozszerzenia AHP. Zeszyty Naukowe Wydziałowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach - Modelowanie Preferencji a Ryzyko, Katowice 2012, s. 105-117.
- 3 Owczarek S., Orłowski Z., Szklennik N.: Koncepcja systemowej oceny zużycia budynków. Konferencja Naukowa – Techniczna, „Technologia i zarządzanie w budownictwie”, Karłów 2006, s. 341-346, 2006.
- 4 Bucoń R.: Model decyzyjny wyboru wariantów remontu lub przebudowy budynków mieszkalnych. Praca doktorska, Politechnika Lubelska 2013.
- 5 Urbański P.: Ocena stopnia zużycia technicznego wybranej grupy budynków mieszkalnych za pomocą sztucznych sieci neuronowych. Rozprawa doktorska, Uniwersytet Zielonogórski 2001.
- 6 Nang-Fei Pan.: Fuzzy AHP approach for selecting the suitable bridge construction method; Automation in Construction t. 17, 2008, s. 958-965.
- 7 Hosseinzadeh Lotfi F., Fallahnejad R., Navidi N.: Ranking Efficient Units in DEA by Using TOPSIS Method. Applied Mathematical Sciences, Vol. 5, 2011, no. 17, s. 805-815.

Determination of the residential renovation range

Robert Bucoń¹, Anna Sobotka²

¹ *Department of Construction Process Engineering, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Lublin University of Technology, e-mail: r.bucon@pollub.pl*

² *Department of Geomechanic, Civil Engineering and Geotechnic, Faculty of Mining and Geoengineering, AGH University of Science and Technology, e-mail: a.sobotka@agh.edu.pl*

Abstract: The article addresses the problem of selecting renovation solution which is a difficult task. It requires the administrator to consider and compare benefits that result from the execution of particular repairs. The priority is to define both the urgency of repair and the financial constraints. Thus, the choice of renovation solution fulfilling these conditions requires a systematic approach. The proposed method allows the decision-maker to assess the state of building, on which basis it is possible to indicate a needed range of renovation – including the information about the level of urgent repairs. During the next stage of calculations, the significance of the selection criteria is defined by means of the fuzzy AHP method. The assessment of these criteria provides the basis for prioritizing and choosing the renovation solutions and is proposed to be conducted by means of TOPSIS method. To illustrate the method, the authors present a numerical example of the proposed approach to selecting renovation solution method applied to a residential building.

Keywords: renovation solution, operational requirements, building assessment, repair, renovation.