

Sebastian KOZIOŁEK*
Patrycja BOCHNIAK**
Tadeusz SMOLNICKI*

PROJEKTOWANIE KONCEPCYJNE Z ZASTOSOWANIEM WYBRANYCH METOD HEURYSTYCZNYCH

W artykule zaprezentowano metodykę projektowania koncepcyjnego z zastosowaniem Synektyki do budowy reprezentacji przestrzeni projektowej. Przestrzeń ta jest zbiorem atrybutów, które w procesie projektowania uzyskują wartości parametryczne, definiując w ten sposób specyfikację techniczną projektowanego systemu lub obiektu. Synektyka jest jedną z metod heurystycznych, które znajdują swoje zastosowanie w procesie pozyskiwania podstawowej i zaawansowanej wiedzy do opracowania koncepcji projektowych. Wiedza ta charakteryzuje się nieograniczoną rozpiętością tematyczną, umożliwiając w ten sposób opracowywanie koncepcji interdyscyplinarnych. W artykule opisano problematykę projektowania koncepcyjnego oraz możliwości pozyskiwania wiedzy do budowy innowacyjnych koncepcji. Ponadto zaprezentowano sposoby zastosowania metod heurystycznych w projektowaniu obiektów technicznych oraz kolejne etapy projektowania koncepcyjnego.

Słowa kluczowe: projektowanie koncepcyjne, projektowanie systemów, Synektyka, metody heurystyczne, reprezentacja przestrzeni projektowej, specyfikacja techniczna

1. PROBLEMATYKA PROJEKTOWANIA KONCEPCYJNEGO

Obserwowane zjawiska recesji ekonomicznej na świecie mają wymierny wpływ na rozwój gospodarczy regionów. Globalizacja gospodarki jest szansą rozwoju, a jednocześnie wielkim zagrożeniem recesji. Oprócz bogactw naturalnych oraz niskiego długu publicznego największym atutem regionów są wciąż rozwijające się technologie [11]. Są one źródłem utrzymania ludzi, nie tylko tych obecnie pracujących, ale również dla wielu kolejnych pokoleń. Jednym z warunków utrzymania właściwej kondycji gospodarczej jest systematyczne, innowacyjne i koncepcyjne projektowanie systemów

* dr inż. Sebastian KOZIOŁEK, dr hab. inż. Tadeusz SMOLNICKI, prof. nadzw. PWR- Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn Politechniki Wrocławskiej

** mgr inż. Patrycja BOCHNIAK – Dom Samochodowy GERMAZ Sp. z o.o., Wrocław

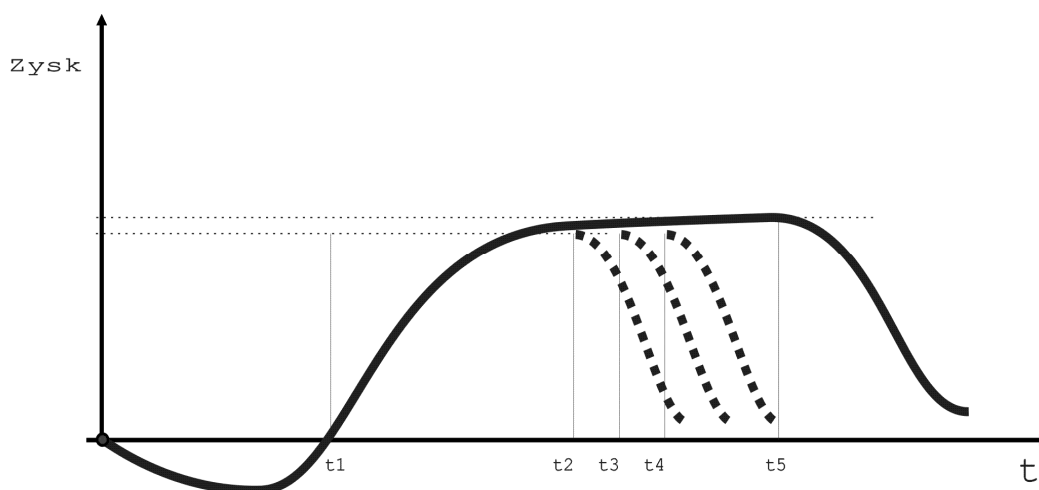
[2][3]. W taki sposób zachowano, znaną już na całym świecie, niemiecką kulturę techniczną. Podobną opinię ma włoskie wzornictwo przemysłowe, czy hiszpańska szkoła piłki nożnej. Sukcesy są wynikiem nie tylko talentu i ambicji. Są one uzależnione przede wszystkim od systematycznej i ciężkiej pracy oraz pozyskanej wiedzy [7]. Każdy wynalazek z czasem przestaje być innowacją. Utrzymanie wysokiego poziomu sprzedaży w dłuższym okresie związane jest z utrzymaniem stabilnego poziomu idealności produktu. Idealność ta uzależniona jest od liczby funkcji użytecznych (F_u) i bezużytecznych (F_b) systemu. (1)[15], [18].

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n F_u}{\sum_{j=1}^m F_b} \quad (1)$$

gdzie:

- I - idealność systemu,
- F_u – funkcja użyteczna,
- F_b – funkcja bezużyteczna.

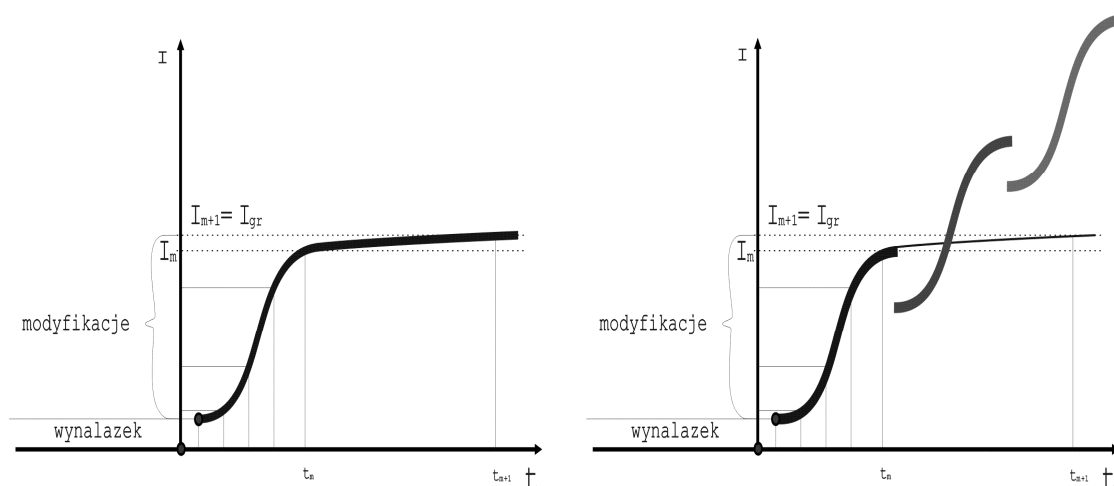
Jednak należy pamiętać o tym, że definicja użyteczności funkcji systemu jest zmienna, uwarunkowana w dużej mierze procesami gospodarczymi i społecznymi. W związku z tym w celu utrzymania stabilnego poziomu sprzedaży, produkt podlega nieustannym modyfikacjom, utrzymując stały poziom idealności przy zmiennej definicji funkcji użytecznej systemu (rys. 1).



Rys. 1. Cykl życia produktu

Źródło: Opracowanie własne

Utrzymanie stałej idealności systemu z czasem staje się coraz trudniejsze, bowiem nowe modyfikacje nie przynoszą już pożądanego efektu. Kiedy udoskonalanie produktu staje się nieopłacalne, oznacza to właściwy moment wdrożenia nowej technologii, czy nowego innowacyjnego produktu (wynalazku) (rys. 2).



Rys. 2. Charakterystyka systematycznego wdrażania innowacji

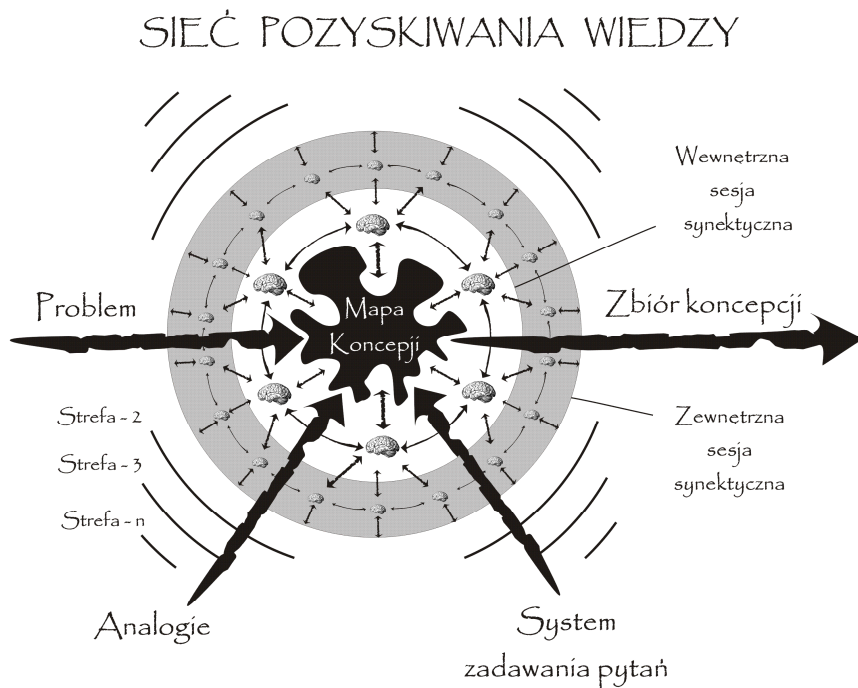
Źródło: Opracowanie własne

Takie działania trzeba jednak przygotować o wiele wcześniej, bowiem opracowanie wynalazku nie jest możliwe z dnia na dzień. Systematyczny rozwój technologii umożliwia utrzymanie stałego poziomu idealności produktu, a w ten sposób utrzymanie stałej sprzedaży. Oczywiście podstawowym założeniem tego podejścia jest stała skuteczność działań marketingowych.

2. POZYSKIWANIE WIEDZY

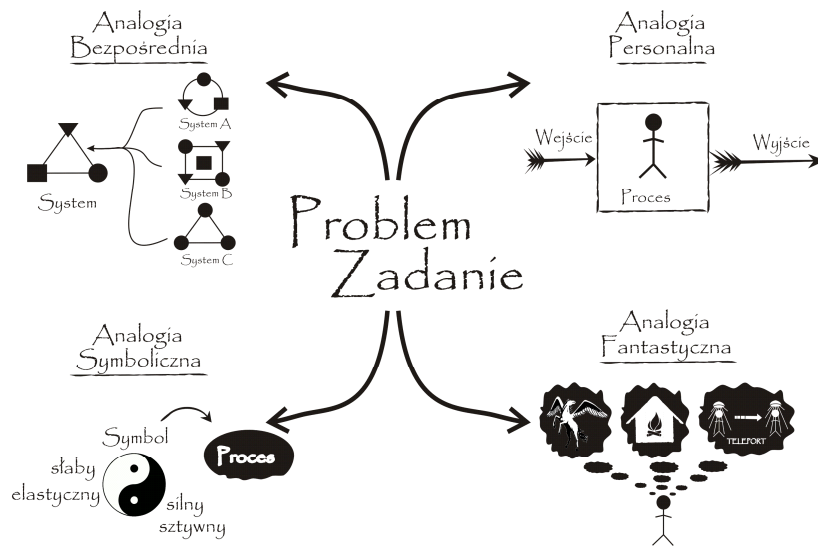
Etap pozyskiwania wiedzy jest kluczowym elementem projektowania koncepcyjnego [1]. Istotą tego działania jest uzupełnienie wiedzy, która może przyczynić się do opracowania nowej koncepcji, będąc jednocześnie nieznaną dziedziną dla wynalazcy. Najwięksi z wynalazców stosowali niekonwencjonalne metody pozyskiwania wiedzy. Leonardo da Vinci uczył się anatomii człowieka na zmarłych [5], a Thomas Edison poszukiwał wiedzy w poezji, czego nauczyla go matka, udzielając mu lekcji w domu [6]. Metody te są inspiracją dla wielu wynalazców do dzisiaj. Należy jednak pamiętać, że ci wielcy projektanci korzystali z najnowszych wówczas technologii po to, aby wynajdywać nowe. Podejście tych tworców jest jak najbardziej słuszne i aktualne, dlatego w projektowaniu koncepcyjnym proces pozyskiwania wiedzy opiera się na wciąż rozwijanych nowych technologiach. Proponowanym narzędziem na tym etapie projektowania koncepcyjnego jest Sieć Pozyskiwania Wiedzy (Knowledge Acquisition Network) (rys. 3).

W systemie tym nadrzędną rolę odgrywa sesja synektyczna [8]. Sesja ta odbywa się z udziałem odpowiednio dobranych członków grupy wynalazczej, zwanej Synektorami [8]. Grupa ta przygotowywana jest do sesji spotkań w celu opracowywania koncepcji wg wyznaczonych analogii [4], [8], [12], [16]. W Synektyce najczęściej stosowanymi analogiami są: Analogia Personalna, Bezpośrednia, Symboliczna oraz Analogia Fantastyczna (rys. 4) [8].



Rys. 3. Sieć pozyskiwania wiedzy

Źródło: Opracowanie własne



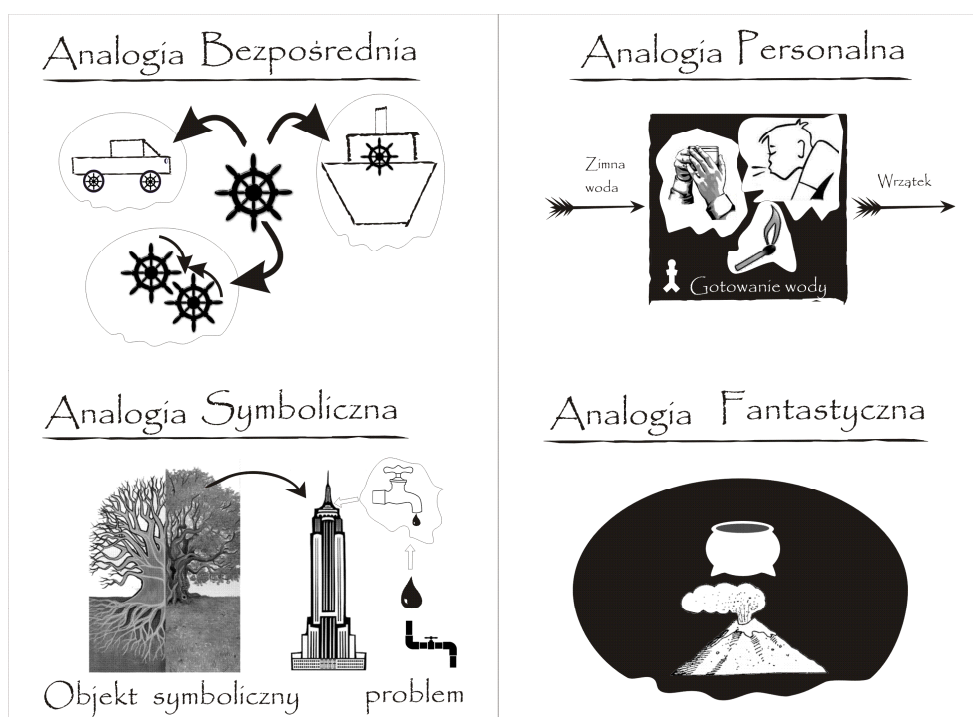
Rys. 4. Analogie opracowywania koncepcji projektowych z zastosowaniem Synektyki

Źródło: Opracowanie własne

2.1. Analogia Personalna

Pierwszym etapem przeprowadzenia wewnętrznej sesji synektycznej jest opracowanie wstępnych, często nierealnych koncepcji wg analogii personalnej. Analogia ta polega na opisanu własnych, nieograniczonych zjawiskami fizycznymi możliwości

przeprowadzenia procesu, zdefiniowanego jako problem bądź zadanie [8]. Na rysunku 5 przedstawiono przykład zastosowania analogii personalnej do procesu gotowania wody. W tej analogii należy wyobrazić sobie ograniczoną przestrzeń, w której korzystając z zasobów własnego ciała, należy przeprowadzić zadany proces. W opisywanym przykładzie na wejściu do procesu jest zimna woda, a na wyjściu wrzątek. Natomiast w ograniczonej przestrzeni Synektor wykorzystuje ciepło własnego ciała, ciepło od zapalanej zapalniczki oraz ciepłe powietrze wydychywane z ust. Pomysły te wydają się zupełnie nierealne. I to prawda, bo przecież nie jest możliwe zagotowanie wody, wykorzystując ciepło własnego ciała. W zastosowaniu analogii personalnej nie chodzi jednak o opracowanie koncepcji w pierwszej fazie sesji, ale o zdefiniowanie atrybutów, które na kolejnym etapie zostaną zastosowane do opracowania optymalnego rozwiązania. Pomysł zagotowania wody za pomocą dłoni umożliwił identyfikację powierzchni jako atrybutu. Zatem pole powierzchni przekazywania energii cieplnej stanowi drugą warstwę ewolucji koncepcji. Ciepłe powietrze z ust Synektora stanowi pierwszą warstwę ewolucji, która generuje kolejne, identyfikując medium przekazywania ciepła, jakim jest gaz. W analogiczny sposób wyznaczane są kolejne warstwy rozwijania koncepcji, formułując w rezultacie spójną i prawdopodobną ideę nowego systemu.



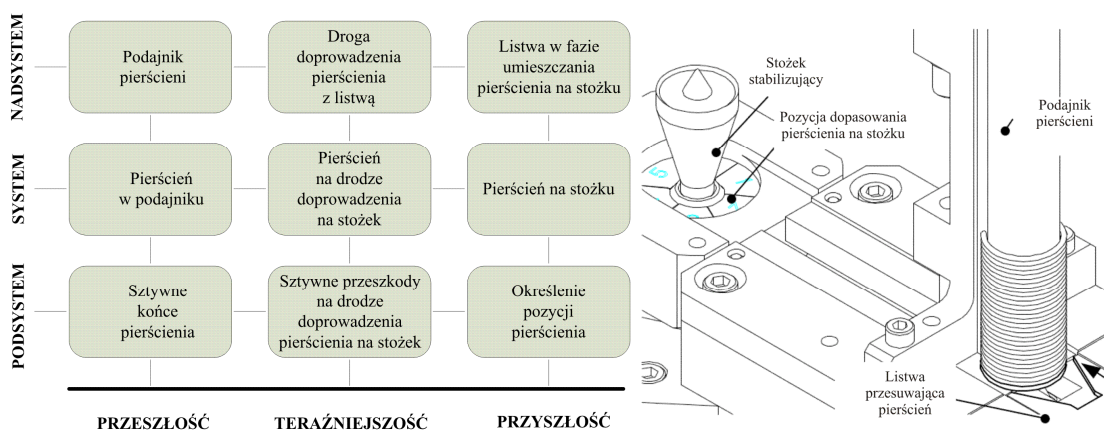
Rys. 5. Przykłady zastosowania Analogii Synektycznych

Źródło: Opracowanie własne

2.2. Analogia Bezpośrednia

Kolejną fazą sesji synektycznej jest wyszukiwanie systemów podobnych do zdefiniowanego problemu wg analogii bezpośredniej. Analogia ta stanowi największy potencjał z zastosowaniem Sieci Pozyskiwania Wiedzy. Nieograniczony dostęp do informacji stanowi kluczowy element efektywnego wykorzystania analogii bezpośredniej. Charakteryzuje się ona wyszukiwaniem systemów, podsystemów

i nadsystemów podobnych do zdefiniowanego prolemu (rys. 5). W tej fazie synektycznej niezwykle pomocnym narzędziem identyfikacji podobieństw systemowych jest „9boxes” zgodnie z Teorią Innowacyjnego Rozwiązywania Zadań TRIZ [17], [18]. Przykład zastosowania narzędzia „9boxes” do opracowania wdrożonej koncepcji nowego systemu montażu pierścieni zabezpieczających na półosie do samochodów osobowych przedstawiono na rysunku 6.

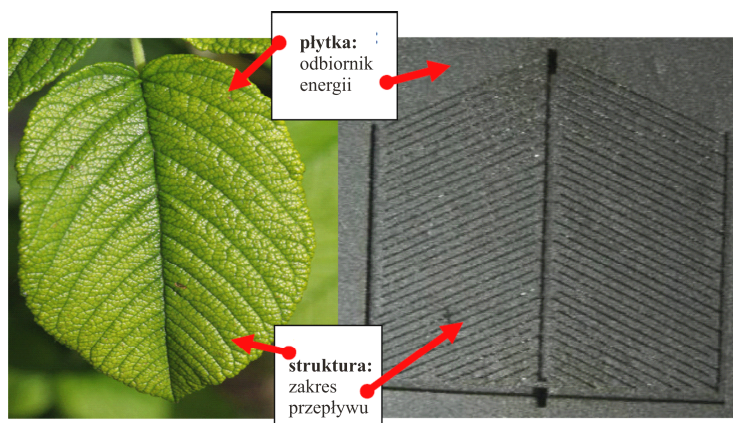


Rys. 6. Przykład zastosowania narzędzia „9boxes” do pracowania koncepcji innowacyjnego systemu montażu pierścieni zabezpieczających na półosie do samochodów osobowych

Źródło: Opracowanie własne

2.3. Analogia Symboliczna

Jedną z najtrudniejszych analogii stosowanych w Synektyce jest analogia symboliczna. Analogia ta reprezentuje dwie siły zwalczające się wzajemnie, zdefiniowane jako problem, a jednocześnie stanowiące pewną logiczną całość reprezentowaną przez symbol (rys. 4). Bardzo często symbole w tej analogii są obiektami naturalnymi, np. części ciała ludzkiego, drzewa, liście (rys. 7). Niejednokrotnie koncepcje wygenerowane wg analogii symbolicznej równie dobrze mogłyby być opracowane za pomocą analogii bezpośredniej. Jednak sam fakt poszukiwania symboli wpływa na odmienny sposób opracowywania nowych rozwiązań. Zatem mimo pozornie podobnych rezultatów wykorzystania obu tych analogii zastosowanie tylko jednej z nich może być niewystarczające. Problem transportowania wody w wysokim budynku także może być rozpatrywany wg analogii symbolicznej. Wówczas w pierwszej warstwie ewolucji koncepcji symbolem tego systemu mogłoby być drzewo, które w naturalny sposób transportuje środki odżywcze spod powierzchni ziemi (rys. 5). Innym symbolem może być ludzkie serce, pracujące na zasadzie pompy. Analogia Symboliczna, będąca najtrudniejszą z analogii synektycznych jednocześnie stanowi największy potencjał opracowania innowacyjnych rozwiązań zdefiniowanego problemu.



Rys. 6. Przykład zastosowania analogii symbolicznej do opracowania koncepcji ogniwa paliwowego [10]

Źródło: J. Hey, J. Linsey, A. Agogin³, K. Wood: *Analogies and Metaphors in Creative Design*

2.4. Analogia Fantastyczna

Kolejną analogią stosowaną w Synektyce jest Analogia Fantastyczna. Jest ona najprostszą w zastosowaniu podczas sesji synektycznej. Niemniej jednak najtrudniejszą pod względem ewolucji koncepcji. Transformacja pomysłów z pierwszej warstwy ewolucji koncepcji wiąże się z opracowaniem atrybutów i ich wartości parametrycznych. Etap ten jest kluczowy dla zastosowania analogii fantastycznej, ponieważ wówczas dokonywana jest selekcja realnych koncepcji, których źródłem pochodzenia jest fantastyka [13]. Ogólny przykład zastosowania analogii fantastycznej przedstawiono na rysunku 5.

3. POWOŁYWANIE SYNEKTORÓW

Wyznaczanie Synektorów odbywa się wg określonych zasad. Pierwszą z nich jest klasyfikacja kandydatów wg reprezentowanych dziedzin, w których Synektorzy mają największe doświadczenie. Sugerowany skład grupy to 4 inżynierów reprezentujących różne dziedziny inżynierskie oraz 3 do 4 Synektorów nauk humanistycznych, ekonomicznych, medycznych lub innych nieinżynierskich. Zespół Synektyczny powinien charakteryzować się wysokim poziomem zaangażowania podczas przeprowadzania sesji. Zaangażowanie to nie polega jedynie na umiejętności wygłaszania opinii lub pomysłów, ale także słuchania innych koncepcji i rozwijania ich, opierając się na własnym doświadczeniu, odczuciach, czy pozyskanej wiedzy podczas sesji. Statystycznie najbardziej efektywnymi Synektorami są ludzie w wieku od 25 do 40 lat. Nie oznacza to jednak, że osoby starsze lub młodsze nie mogą uczestniczyć w sesjach synektycznych. Kryterium to nie jest nadrzędne przy doborze zespołu. Innym istotnym warunkiem skutecznie prowadzonej sesji jest dobór Synektorów odpowiedzialnych za osiągane wyniki. Istotą tego kryterium jest dążenie do osiągnięcia zamierzonych celów opracowania zbioru innowacyjnych koncepcji. Równie istotnym czynnikiem charakteryzującym właściwego Synektora jest gotowość zastosowania opracowanych koncepcji. Taka zdolność umożliwi skuteczną selekcję koncepcji możliwych do wdrożenia. Część grupy Synektorów powinna charakteryzować się osiągniętymi sukcesami w swojej pracy. To bardzo istotny element grupy wpływający na wprowadzenie atmosfery dążenia do osiągnięcia konkretnego, realnego celu. Mile

widzianymi członkami sesji synektycznej są osoby specjalizujące się w kilku dziedzinach jednocześnie. Osoby te często prezentują niekonwencjonalne sposoby łączenia opracowanych koncepcji. Ostatnim kryterium doboru zespołu synektycznego jest selekcja indywidualistów, których cechuje nieograniczony potencjał. Atmosfera sesji synektycznej oraz dyskusji podobnej do burzy mózgów [9] oddziałuje na tę grupę osób, powodując eksplozję ich skumulowanej i często przytłumionej zdolności do generowania pomysłów.

Wyselekcjonowana grupa Synekatorów nie jest jedynym elementem Sieci Pozyskiwania Wiedzy. W procesie projektowania koncepcyjnego sesja synektyczna wspomagana jest przez tzw. zewnętrzne sesje synektyczne. Są one przeprowadzane podczas zaplanowanych bądź przypadkowych rozmów z zastosowaniem brainstormingu. Zewnętrzne sesje synektyczne mogą być przeprowadzane także za pośrednictwem Internetu. Dodatkowa wiedza pozyskiwana jest za pomocą opracowanego systemu zadawania pytań adekwatnie do analogii. Odpowiedzi stanowią część wiedzy wykorzystywanej w wewnętrznej sesji synektycznej przeprowadzanej przez wyselekcjonowanych Synekatorów. Prezentowana sieć stanowi nieograniczone źródło wiedzy uzupełnianej przez kolejne strefy zewnętrznych Synekatorów. W praktyce odbywa się to poprzez przekazywanie informacji w sposób łańcuchowy. Każde kolejne ogniwo stanowi następną warstwę wspomagania pozyskiwania wiedzy (rys. 3).

PODSUMOWANIE

Zaprezentowany fragment metodyki projektowania koncepcyjnego obecnie jest w fazie walidacji. Dotychczas powołano dwie grupy synektyczne, które realizują prace związane z opracowaniem koncepcji rozwiązań konkretnych problemów technicznych. Wyniki badań umożliwiły wdrożenie dwóch rozwiązań. Pierwsza związana jest z produkcją płytek ceramicznych, a druga dotyczy produkcji półosi do samochodów osobowych. Proponowana metodyka stanowi nowe podejście w projektowaniu obiektów mechanicznych. Kierunek dalszego rozwoju projektowania koncepcyjnego związany jest z opracowaniem metody wyznaczania reprezentacji przestrzeni projektowej. Jest ona podstawą definiowania specyfikacji technicznych nowych obiektów technicznych. Ten obszar badań jest niezwykle ekscytujący, ponieważ umożliwia opracowywanie koncepcji pozbawionych dominującego wpływu dziedzin nauki reprezentowanych przez głównego projektanta.

LITERATURA

- [1] Amihud H., Menachem W., Avigdor Z., *ICDM – An Integrated Metodology for the Conceptual, SETE 2004 (Systems Engineering/Test and Evaluation)*, [in:] Conference Adelaide, Australia 08/NOV/04; Conference Proceedings SETE 2004: Focusing on Project Success (2004), pp. 1-16 1.
- [2] Arciszewski, T., Grabska, E., Harrison, C., *Visual Thinking in Inventive Design: Three Perspective*, (Invited), [in:] “Soft Computing in Civil and Structural Engineering”, Topping, B.H.V. and Tsompanakis, Y, (Editors), chapter 6, pp. 179-202, Saxe-Coburg Publications, UK, 2009.
- [3] Arciszewski, T., *Successful Education. How to Educate Creative Engineers*, Successful Education LLC, pp. 200, December, 2009.

- [4] Brewbaker J., *Metaphor making through synectics*, [in:] “Exercise Exchange”, Spring 2001, Vol. 46, No. 2. ProQuest Education Journals pp. 6.
- [5] Gelb. M., *How to Think Like Leonardo da Vinci: Seven Steps to Genius Every Day*, Dell Publishing, 1998.
- [6] Gelb. M., Miller Caldicott S., *Innovate Like Edison: The Five-Step System for Breakthrough Business Success*, Dutton Books, 2007.
- [7] Gladwell M., *Outliers: The Story of Success*, Little, Brown and Company, 2008.
- [8] Gordon W. J., *Synectics: The Development of Creative Capacity*, Harper and Row, 1961.
- [9] Hender J. M., Dean D. L., *Improving group creativity: Brainstorming versus Non-brainstorming techniques in a GSS Environment*, [in:] Proceedings of the Thirty-fourth Hawaii International Conference on Systems Sciences 2001.
- [10] Hey, J., Linsey, J., Agogino, A. M., Wood, K. L., *International Journal of Engineering Education*, Vol. 24, No. 2, (2008) , pp. 283-294(12).
- [11] Kleyner A. Sandborn P., Boyle J., *Minimization of Life Cycle Costs Through Optimization of the Validation Program – A Test Sample Size and Warranty Cost Approach, Reliability and Maintainability*, [in:] 2004 Annual Symposium – RAMS, 26-29 Jan. 2004.
- [12] Kolb E. M. W., Hey J., Hans-Jürgen S., Agogino A. M., *Generating compelling metaphors for design Proceedings of the 20th International Conference on Design Theory and Methodology*, DTM 2008, August 3-6, 2008, New York City, New York, USA.
- [13] Lerdahl E., *Using Fantasy Story Writing and Acting for Developing Product Ideas*, [in:] Proc of EURAM 2002.
- [14] Lizotte K., *A creative state of mind*, [in:] “Management Review”, (1998, Vol. 87, No. 5., ABI/INFORM Global pp.15.
- [15] Shah J. J., Noe Vargas-Hernandez, *Metrics for measuring ideation effectiveness*, [in:] “Design Studies”, Vol. 24, No. 2, (2003), pp. 111-134.
- [16] Yi-Luen Do E., Gross M. D., *Drawing Analogies: finding visual references by sketching*, [in:] Proceedings of Association of Computer Aided Design in Architecture (ACADIA) 1995, Seattle WA , pp 35-52.
- [17] Yuan Feng, Wang Tai-yong, Nie Hui-juan, *Function and principle innovative design of mechanical products based on TRIZ/FA*, Higher Education Press and Springer-Verlag 2006.
- [18] Zlotin B., Zusman A., *Directed Evolution: Philosophy, Theory and Practice*, Ideation International Inc, 2001.

CONCEPTUAL DESIGN EMPLOYING SELECTED HEURISTIC METHODS

Summary

The article presents the conceptual design methodology employing Synectics to build space design representation of a new system. This space is a set of parametric attributes. All of the attributes describe parametric value limits to define the technical specifications of an innovative system. Synectics is one of the heuristic methods applied in the process of basic and advanced knowledge acquisition to develop innovative concepts. In the paper conceptual design with the use of selected analogies is presented.

Key words: *conceptual design, system design, Synectics, heuristic methods, design space representation, technical specification*

Artykuł recenzował: dr hab. inż. Jerzy CZMOCHOWSKI, prof. nadzw. PWr