



Kraków, 10.12.2019 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Tytuł rozprawy:	Grafowy model formalny współbieżnego projektowania oświetlenia ulicznego.
Autor rozprawy:	mgr inż. Artur Basiura
Promotor rozprawy:	dr hab. Adam Sędziwy
Dziedzina:	nauki techniczne
Dyscyplina:	informatyka

I. Informacje ogólne

Oceniana rozprawa doktorska mgr inż. Artura Basiury zatytułowana „Grafowy model formalny współbieżnego projektowania oświetlenia ulicznego” stanowi opracowanie o objętości 136 stron, zawierające 70 rysunków, 14 tabel oraz spis literatury obejmujący 123 pozycje.

II. Cel, zakres i charakter rozprawy

Rozprawa doktorska pana mgr inż. Artura Basiury dotyczy problemów związanych z poszukiwaniem rozwiązań problemów wysokiej złożoności, na przykładzie optymalizacji systemów oświetleniowych z użyciem modelowania wielkoskalowego. Rozwój obszarów miejskich i przemysłowych powoduje stały wzrost zapotrzebowania na sztuczne oświetlenie, w wyniku tego wzrasta konsumpcja energii elektrycznej. Przeciwdziałanie skutkom zmian klimatycznych, powodowanych między innymi wytwarzaniem energii elektrycznej oraz konieczność ograniczania negatywnego wpływu sztucznego oświetlenia na organizm ludzki i całą przyrodę powinno wystąpić już na etapie projektowania systemów oświetleniowych. Tematykę rozprawy należy uznać za jak najbardziej aktualną, jak również ważną z punktu widzenia informatyki.

Podstawową trudnością projektowania systemów oświetleniowych jest ich wysoka złożoność, która ma z kolei znaczny wpływ na wprowadzanie różnego rodzaju uproszczeń do optymalizacji tych systemów. Stosowane do tej pory metody projektowania i optymalizacji systemów oświetleniowych nie są w pełni zadowalające. Rozwiązaniem tego problemu byłoby zaproponowanie nowego

modelu formalnego obejmującego całościowo problemy optymalizacji wysokiej złożoności.

Doktorant koncentrując się na problematyce systemów transformowania grafów i ich zastosowań w obliczeniach rozproszonych podejmuje próbę stworzenia takiego modelu. Biorąc pod uwagę znaczenie optymalizacji systemów oświetleniowych we współczesnych badaniach naukowych, zastosowanie nowych narzędzi do optymalizacji stanowi istotny wkład w praktyczne zastosowania informatyki.

III. Przegląd zawartości rozprawy

W **Rozdziale 1** została sformułowana teza rozprawy doktorskiej, według której rozproszone transformacje grafowe z użyciem obliczeń równoległych usprawnią optymalizację wysokiej złożoności problemów związanych z instalacjami oświetleniowymi dla dużych obszarów zurbanizowanych. Przykładowym celem Autora rozprawy było ulepszenie metod i narzędzi służących do minimalizacji zużycia energii w takich instalacjach.

Rozdział 2 jest krótkim przedstawieniem znaczenia optymalizacji oświetlenia obszarów mieszkalnych i przemysłowych dla

- stanu bezpieczeństwa na trasach komunikacyjnych,
- zużycia energii,
- stanu przyrody (w tym zdrowia człowieka) oraz
- badań naukowych, np. astronomicznych.

Rozdział 3 jest wprowadzeniem w tematykę projektowania oświetlenia. Przedstawione są wybrane instytucje normalizacyjne, takie jak amerykańska IESNA opracowująca standardy dla inżynierii oświetleniowej w USA, w Kanadzie i Meksyku oraz Europejski Komitet Normalizacyjny CEN publikujący zestawy norm dla oświetlenia zewnętrznego stosowane poza Europą również w Chinach, Ameryce Południowej i Afryce Północnej. Przedstawione są również klasyfikacje oświetlanych obiektów drogowych i związane z nimi zestawy parametrów. Problem projektowania optymalnej instalacji oświetleniowej sprowadza się do generowania przestrzeni rozwiązań uwzględniających dużą liczbę zmiennych parametrów. Optymalizacji dokonuje się poprzez wyszukiwanie rozwiązania spełniającego złożoną funkcję celu. Zaprezentowana została metoda standardowa zmniejszająca liczbę generowanych rozwiązań poprzez stosowanie tzw. jednorodnych sytuacji oświetleniowych uzyskanych dzięki ograniczaniu zakresu zmienności wybranych parametrów (np. liczby typów opraw oświetleniowych). Na zakończenie Autor dokonuje przeglądu wyników prac badawczych dotyczących projektowania systemów oświetleniowych i wyróżnia dwa rodzaje systemów oświetleniowych: zoptymalizowane statyczne oraz adaptacyjne reagujące na zmiany sytuacji w przestrzeni oświetleniowej

W **Rozdziale 4** Autor przedstawia etapy rozwoju proponowanego modelu obliczeń wychodząc od metody standardowej, która zakłada jednorodność sytuacji oświetleniowej. Następnie prezentuje modyfikację tej metody wprowadzając do obliczeń rzeczywistą lokalizację punktów świetlnych na podstawie danych z

Systemu Informacji Geograficznej (GIS). W metodzie zmodyfikowanej użyte wcześniej podziały obszaru projektowanej instalacji oświetleniowej na fragmenty oświetlane (np. ulice) zostały podzielone na segmenty z punktami świetlnymi o zbliżonych parametrach. Stosowanie rzeczywistego rozmieszczenia punktów świetlnych wymagało uwzględnienia faktycznego przebiegu ulic i zmian ich szerokości. Dla uproszczenia obliczeń każdy segment został podzielony na podsegmenty wyznaczone przez kolejne punkty oświetleniowe. Optymalizacja tych punktów świetlnych wykonywana jest poprzez sekwencyjne obliczenia wielkości redukcji mocy elektrycznej.

Autor dokonuje porównania rozmiarów przestrzeni rozwiązań dla trzech modeli: standardowego modelu obliczeń, modelu z segmentami niezależnymi CUST oraz proponowanego w rozprawie modelu z segmentami zależnymi CWR. W najdokładniejszym modelu CWR obliczenia uwzględniają wzajemne oddziaływanie segmentów oświetleniowych (np. skrzyżowanie ulic). Zdaniem Autora wielkość przestrzeni rozwiązań dla CWR wymaga zastosowania przetwarzania równoległego w modelu grafowym z transformacjami rozproszonymi.

W **Rozdziale 5** Autor zaproponował definicję tzw. grafu bazowego, będącego grafem typowanym z atrybutami. Typy przyporządkowane wierzchołkom i krawędziom wyznaczają pewne klasy obiektów i relacji, których semantyka jest zależna od zastosowań. Dla rozważanej w rozprawie infrastruktury oświetleniowej wraz z otoczeniem drogowym typami wierzchołków były przykładowo ulica, punkt świetlny, oraz słup. Graf bazowy z określonymi zbiorami typów wierzchołkowych i krawędziowych dla infrastruktury oświetleniowej został nazwany abstrakcyjnym grafem infrastruktury (IAG). Autor definiuje również klasę grafów bazowych, w których atrybuty wierzchołków reprezentujących obiekty infrastruktury oświetleniowej zawierają wiedzę o dopuszczalnych wariantach projektowych dla poszczególnych obiektów natomiast relacje wyznaczają wymagania projektowe dla obiektów reprezentowanych przez te wierzchołki. Tego typu graf Autor nazywa abstrakcyjnym grafem wiedzy (KAG). Problem optymalizacji systemu oświetleniowego z użyciem grafów IAG oraz KAG jest zilustrowany interesującym przykładem. Następnie zostało zaproponowanych 5 rodzajów operacji na grafach. Na zakończenie rozdziału naszkicowano strategię modelowania systemów oświetleniowych z użyciem wprowadzonych grafów IAG i KAG z użyciem wprowadzonych operacji grafowych.

Rozdział 6 szkicuje możliwość zastosowania systemu agentowego w modelowaniu i optymalizacji systemu reprezentowanego za pomocą grafu, w którym podgrafy odpowiadają podsystemom zarządzającym przez poszczególnych agentów. Autor proponuje realizowanie w środowisku agentowym ogólnej metody poszukiwania rozwiązań problemów wysokiej złożoności. Na zakończenie rozdziału przedstawia algorytm dla systemu wieloagentowego, wraz z przepływem informacji w takim systemie, rozwiązujący problem optymalizacji, z użyciem zaproponowanych grafów infrastruktury i wiedzy, w którym kontekst jest wyznaczony przez reguły transformacji grafowych, funkcję celu oraz zbiór heurystyk.

W **Rozdziale 7** zaprezentowana została architektura systemu agentowego z użyciem grafowej reprezentacji, jak i grafowych transformacji. Opisano również szczegóły implementacyjne.

W **Rozdziale 8** rozwiązanie zostało zweryfikowane praktycznie i dotyczyło projektu instalacji oświetleniowej zawierającej około 4 000 punktów świetlnych w Krakowie. Zaprezentowano przekonującą analizę wyników i porównanie z innymi metodami. Ten aspekt rozprawy jest odpowiednio udokumentowany.

Celem **Rozdziału 9** jest próba wykazania uniwersalności zaproponowanego modelu grafowego na przykładzie zastosowania w dziedzinie finansów.

Rozdział 10 zawiera podsumowanie oraz przedstawia wybrane kierunki kontynuacji badań

IV. Ocena wyników rozprawy

Trzeba stwierdzić, że cel rozprawy doktorskiej został osiągnięty. Doktorant wykazał, że zna poruszany temat i jego literaturę oraz ma własne pomysły. Mocną stroną rozprawy jest niewątpliwie podjęcie bardzo ambitnego problemu naukowego dotyczącego poszukiwania rozwiązań zagadnień wysokiej złożoności.

Autor zaproponował model środowiska agentowego do optymalnego projektowania infrastruktury oświetleniowej wykorzystując własny formalizm grafów infrastruktury i wiedzy. Na podstawie wprowadzonego kontekstu wyznaczonego przez reguły transformacji grafowych, funkcję celu oraz zbiór heurystyk istnieje możliwość dokonywania automatycznej oceny pośrednich stanów rozwiązania projektowego umożliwiającej agentom podejmowanie kolejnych decyzji.

Doktorant zaprezentował nowatorskie środowisko obliczeń równoległych. Ten aspekt rozprawy jest odpowiednio udokumentowany.

Przedstawione rozwiązanie problemu optymalizacji systemów oświetleniowych z użyciem modelowania wielkoskalowego ma, moim zdaniem znaczną wartość praktyczną, jak również wartość poznawczą. Należy podkreślić, że zaproponowany formalny model grafowy można potraktować ogólniej i zastosować w innych dziedzinach. Rozprawa zawiera przekonujący przykład w dziedzinie finansów.

Rozprawę charakteryzuje prawidłowa struktura oraz spójność logiczna.

Rozprawa ma również słabsze punkty. Doceniam umiejętność Autora opisywania trudnych zagadnień w sposób zrozumiały, natomiast mam zastrzeżenia do definicji formalnych, na które należałoby zwrócić uwagę przy publikacji uzyskanych wyników.

1. W podstawowej definicji grafu bazowego będącego systemem
 $BG = (V, E, \Sigma, \Gamma, typ, atr, val, A, AT)$

1.1 dla poszczególnych krawędzi nie są wyznaczone pary wierzchołków.

Prawidłowa definicja zbioru krawędzi powinna wyglądać następująco:
 E – jest skończonym, niepustym zbiorem krawędzi, gdzie $E \subset V \times V$.

1.2 funkcja at przyporządkowuje typom poszczególnych wierzchołków i krawędzi zbiory typów atrybutów. W takim razie przeciwdziedzina tej funkcji powinna być rodziną wszystkich podzbiorów sumy typów atrybutów, tzn. $\mathcal{P}(AT^\Sigma \cup AT^\Gamma)$.

2. Niezrozumiałym jest dla mnie stwierdzenie, że grafy IAG oraz KAG są rozszerzeniem grafu BG.
3. W def. 4 zbiór grafów bazowych jest oznaczony w ten sam sposób, jak graf bazowy z def. 1. Jest to niedopuszczalna kolizja oznaczeń.
4. W def. 4 zbiór reguł zmian struktury R powinien być zdefiniowany przed zbiorem reguł transformacyjnych Π .
5. Każda definicja składa się z wyrażenia definiowanego (definiendum) oraz wyrażenia definiującego (definiens). W def. 5 definiendum jest *kontekst działania algorytmu* K_g , natomiast czwórka (ϕ, F_c, F_w, H) to definiens. W def. 5 K_g nie powinno wystąpić również w roli definiens.

Ponadto,

6. Autor powinien rozważyć atrybutowane gramatyki grafowe z diagramem sterującym, w których produkcje są definiowane wraz z predykatami stosowalności i porównać efektywność tego formalizmu w zagadnieniach projektowych z proponowanym przez siebie formalizmem zawierającym grafy IAG i KAG oraz reguły transformacji.
7. Edycja rozprawy doktorskiej nie jest staranna, np. Autor często odwołuje się do nieistniejącego rozdziału 0.

V. Konkluzja

W sumie, mimo przedstawionych zastrzeżeń, rozprawę doktorską oceniam pozytywnie. Spełnia ona wymagania, jakie ustawa o stopniach i o tytule naukowym przewiduje dla rozpraw doktorskich **w dyscyplinie informatyka** i na tej podstawie wnoszę o dopuszczenia jej Autora – mgr inż. Artura Basiury – do publicznej obrony.

