

Ireneusz J. JÓŹWIAK, Aleksander MARIĄSKI
Wydział Informatyki i Zarządzania
Politechnika Wroclawska

STRATEGIA OCENY PRACOWNIKÓW W SYSTEMACH ŚLEDZENIA ZAGADNIENÍ

Streszczenie. W większości organizacji dokonuje się oceny pracowników na podstawie różnych kryteriów subiektywnych i obiektywnych. Często pracownicy czują się pokrzywdzeni oceną opisową lub ocena nie jest adekwatna do ich wyników pracy. W artykule proponujemy obiektywną metodę oceny pracowników z wykorzystaniem metod probabilistycznych, w tym funkcji gęstości prawdopodobieństwa, metod jądrowych oraz operacji arytmetycznych na zmiennych losowych. Omówiono również zastosowanie metody do budowania zespołu i jego oceny oraz wizualizacji wydajności prac zespołu oraz pracownika.

Słowa kluczowe: probabilistyka, zmienne losowe, ocena pracowników, system śledzenia zagadnień, funkcja gęstości prawdopodobieństwa, jądrowa estymacja gęstości.

THE STRATEGY OF EVALUATION OF EMPLOYEES IN ISSUE TRACKING SYSTEM

Summary. In most of organizations evaluation of employees based on various criteria both subjective and objective is done. Employees feel often unfair by descriptive evaluation or the evaluation is not adequate to results of their work. In the publication we propose objective method of evaluation of employees based on probabilistic methods, including density estimation, kernel methods and arithmetic operations on random variables. In the paper we focus also on application method to build a team and evaluating it. The paper also introduces visualization of performance of both team and employee.

Keywords: probabilistic, random variables, evaluation of employees, issue tracking system, probability density function, kernel density estimation.

1. Wprowadzenie

Ocena to zagadnienie występujące w większości dziedzin nauki. W każdej z nich pojawia się problem oceny wyników czy oceny obiektów wchodzących w skład tej dziedziny. W naukach informatycznych ocenia się szybkość rozwiązań, złożoność obliczeniową, a także łatwość obsługi. W przypadku zarządzania ocenia się skuteczność rozwiązań zarządczych czy tytułowych pracowników. Ocena może być obiektywna, tj. wyliczona automatycznie za pomocą algorytmu, lub subiektywna, tj. wyliczona na podstawie opinii. Przekrojową pracę na temat metod oceny i innych aspektów w kontekście zarządzania można znaleźć w źródle [8]. W publikacjach nie znajduje się jednak żadnych prac poświęconych ocenie pracowników w systemach śledzenia zagadnień.

W artykule przeanalizowano problem oceny pracowników metodą absolutną oraz ustalono kryteria oceny, niezależne od opinii przełożonych. W ten sposób utworzono algorytm będący obiektywną metodą oceny pracowników. Kryteria oceny oparto na skuteczności i szybkości w realizacji przydzielonych zadań. Ocena również została odpowiednio znormalizowana.

Do realizacji algorytmu zastosowano narzędzia matematyczne wywodzące się z teorii prawdopodobieństwa, m.in. jądrową estymację funkcji gęstości prawdopodobieństwa [6]. Metoda ta, na podstawie próbki punktów wygenerowanej z danej zmiennej losowej, wyznacza estymację funkcji gęstości prawdopodobieństwa. Asymptotyczna zbieżność tej metody szacowana jest na $n^{-1/5}$, więc jest ona wolniej zbieżna od metod parametrycznych, jednakże pozwala wyliczyć funkcję gęstości prawdopodobieństwa bez żadnej wiedzy o zmiennej losowej.

W celu oceny grup pracowników i dobierania zespołu użyto algorytm do szacowania wyników operacji na zmiennych losowych [4]. Pozwala on na wykonanie podstawowych operacji arytmetycznych (dodawanie, odejmowanie, mnożenie, dzielenie) na zmiennych losowych.

System, na którym oparto badania to system śledzenia zagadnień. Jest on używany na przykład w biurach obsługi klienta [5] czy systemach obsługi błędów programów [1]. Przykładowy system można znaleźć w patencie [3]. Tego typu system najczęściej jest używany w korporacjach, które mają wsparcie użytkownika, w celu rozwiązywania i monitorowania zgłoszonych problemów. Pracownik ma do rozwiązania pewien zbiór zagadnień przychodzących w formie strumienia w czasie jego pracy. Każde zagadnienie ma swój czas przyjścia, opis, kategorię, ważność i inne parametry. Po rozwiązaniu zagadnienia do bazy danych zapisuje się również czas zakończenia zagadnienia. Na podstawie tych danych możemy ocenić pracownika stosując obiektywne kryteria, za pomocą strategii opisanej w tej publikacji.

2. Zdefiniowanie problemów

W artykule zaprezentowano rozwiązanie dwóch problemów: obiektywnej oceny pracowników na podstawie ich dotychczasowej pracy oraz oceny wybranego zespołu pracowników. Dla obu problemów zdefiniowano algorytmy o tych samych danych wejściowych. Jest to baza danych z rezultatami pracowników. Dane wejściowe dla algorytmów to zbiory składające się z elementów:

- identyfikator zagadnienia – unikalny dla każdego zagadnienia,
- identyfikator pracownika – liczba pomagająca określić, którego pracownika dotyczy dany zestaw danych,
- czas pojawienia się zagadnienia w systemie,
- zakładany czas ukończenia zadania,
- rzeczywisty czas ukończenia zadania.

W rzeczywistych aplikacjach możliwe jest również włączenie ważności zagadnienia i wprowadzenie oceny ważonej. Dodatkowo, dla problemu oceny zespołu wejściem jest również zbiór identyfikatorów pracowników, którzy wchodzi w skład zespołu.

W przypadku oceny pracowników i zespołu wyjściem jest liczbowa ocena pracownika w skali ciągłej od 0 do 1. Ocena powinna być odzwierciedleniem jakości pracy pracownika lub zespołu pod względem danego kryterium. W problemie za kryterium obrano skuteczność pracy pracownika lub zespołu, wyrażoną jako prawdopodobieństwo wykonania zadania na czas.

W przypadku oceny zespołu przyjmujemy założenie, że zagadnienia do rozwiązania wyznaczone są w losowo dla dowolnego członka zespołu.

Problem ujęto formalnie w następujący sposób:

wejście:

- zbiór krotek postaci {Identyfikator zagadnienia [liczba całkowita], identyfikator pracownika [liczba całkowita], czas pojawienia się zagadnienia w systemie [data-godzina], zakładany czas ukończenia [data-godzina], rzeczywisty czas ukończenia [data-godzina]}.
- Zbiór identyfikatorów pracowników [liczba całkowita] (tylko dla drugiego problemu).
- Wyjście 1:
- oceny pracowników [zbiór liczb zmiennoprzecinkowych od 0 do 1].
- Wyjście 2:
- ocena zespołu jako liczba zmiennoprzecinkowa od 0 do 1.

W następnym punkcie tego artykułu zaproponowano rozwiązanie tych problemów oraz wizualizację wyników.

3. Propozycja rozwiązania problemów

3.1. Problem oceny pracowników

Do rozwiązania problemu oceny pracowników zastosowano metodę estymacji jądrowej funkcji gęstości prawdopodobieństwa i całkowanie numeryczne tej funkcji w zadanym przedziale. Najpierw należy znormalizować zbiór krotek do postaci, która pozwala na zastosowanie tej metody. W tym celu przez 0 oznaczamy moment czasu pojawienia się zagadnienia w systemie, natomiast przez 1 – zakładany czas ukończenia zadania. Rzeczywisty czas ukończenia zadania w tej skali będzie liczbą większą od 0. Dla zadania ukończonego na czas liczba ta będzie mniejsza lub równa 1, a dla zadania, w którym przekroczono zakładany czas ukończenia będzie ona większa od 1. Zbiór czasów ukończenia zadania w znormalizowanej formie zapisuje się do pamięci.

Na podstawie zbiorów czasów ukończenia zadania, uzyskanych w poprzednim zadaniu, wyznacza się estymację funkcji gęstości prawdopodobieństwa zmiennej losowej, charakteryzującej wykonanie zadania na czas przez danego pracownika. Estymację taką dokonuje się dla każdego pracownika osobno. W celu jej wykonania korzysta się z wybranego estymatora gęstości prawdopodobieństwa [7]. Do wzoru estymatora podstawia się liczby ze zbioru czasów ukończenia zadania przez danego pracownika. Wynikiem tego kroku jest przybliżona funkcja gęstości prawdopodobieństwa wykonania zadania na czas przez pracownika.

Ocenę dokonujemy przez całkowanie numeryczne [2] funkcji gęstości prawdopodobieństwa w określonym przedziale. Stosując jądrową estymację gęstości, funkcja gęstości prawdopodobieństwa, dla większości estymatorów, jest określona na całym zbiorze liczb rzeczywistych. Z tego względu zamiast całki numerycznej w przedziale $[0,1]$ posłużono się całką w przedziale $[-\infty,1]$. W ten sposób uzyskuje się liczbę w przedziale $[0,1]$, która jest przybliżeniem prawdopodobieństwa wykonania zadania przez danego pracownika na czas.

3.2. Problem oceny zespołu pracowników

Ocenę zespołu pracowników dokonuje się po ocenie każdego z pracowników zespołu, stosując algorytm podany w poprzednim punkcie. Każdy z pracowników ma przypisaną do siebie zmienną losową, określającą czas wykonania zagadnienia w znormalizowanej formie. Załóżmy, że zespół liczy n pracowników i każdy ma przypisaną zmienną losową X_i dla $i=1,2,\dots,n$. Na podstawie założenia, że każde zadanie jest przydzielane losowo do pracownika z zespołu, można zauważyć, że zmienna losowa Y , która określa czas wykonania zagadnienia przez zespół, jest wyrażona wzorem (1):

$$Y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1)$$

W celu wyznaczenia funkcji gęstości prawdopodobieństwa dla zmiennej losowej Y skorzystano z metody opisanej w [4]. Natomiast do oceny zespołu wystarczy zastosowanie wzorów z podstaw prawdopodobieństwa. Pamiętając, że ocena pracownika to prawdopodobieństwo wykonania przez niego zadania w zadanym czasie i pamiętając że zadanie jest przydzielane losowo do pracownika z prawdopodobieństwem $1/n$, zauważono, że ocena zespołu wyrażona jest wzorem (2) na średnią arytmetyczną ocen:

$$y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (2)$$

gdzie: y – ocena zespołu, x_i – ocena pracownika zespołu.

3.3. Poszukiwanie punktów krytycznych i wizualizacja

W poprzednich punktach pokazano metodę wyznaczania funkcji gęstości prawdopodobieństwa zmiennych losowych, określających czas wykonywania zadań przez pracowników i zespoły. Przy ocenie wydajności pracy, gdy liczba danych jest odpowiednio duża, można wyznaczyć i zwizualizować takie funkcje gęstości oraz oceny pracowników, przyjmując różne dodatkowe filtry. Przykładowo można wybierać tylko zadania, które:

- zostały wykonane w i -tej godzinie pracy,
- miały określony priorytet,
- zostały wykonane w określony dzień tygodnia.

W ten sposób można zauważyć, w którym momencie pracownicy pracują najdłużej nad zadaniami i wykonać odpowiednie działanie przeciwdziałające. Przykładowe obserwacje i wnioski przedstawiono w następnym rozdziale.

Wizualizacja funkcji gęstości prawdopodobieństwa pozwala na dostrzeżenie istotnych aspektów pracy pracownika. Do wizualizacji można użyć narzędzia opisanego w [4]. Przykładowe wykresy przedstawiono w następnym rozdziale.

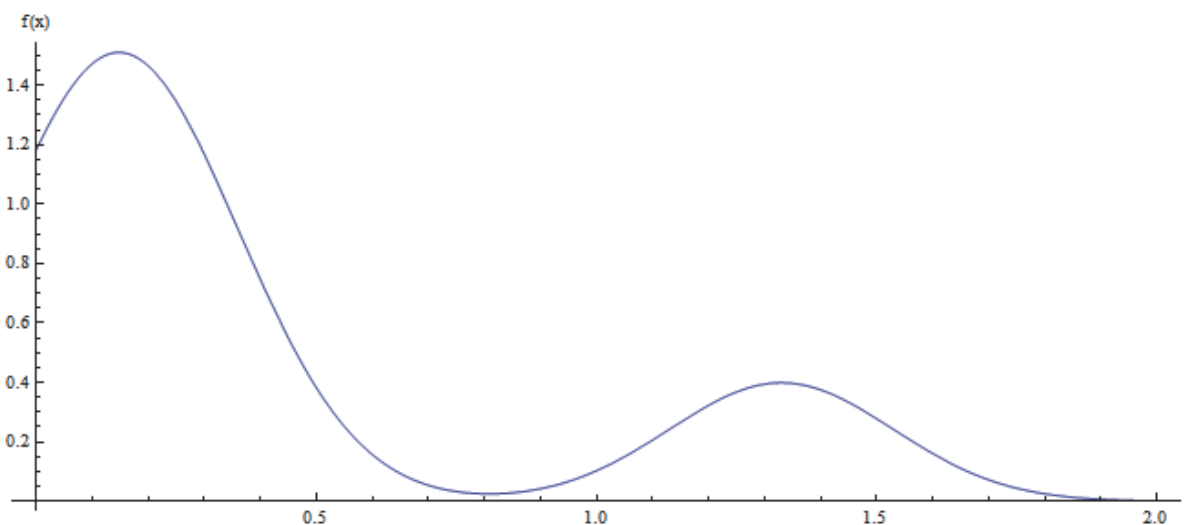
4. Przykład działania, obserwacje i wizualizacje

4.1. Przykład oceny pracowników

Przyjmijmy, że pracownik A wykonał 5 zagadnień. Zapisujemy je w formacie [czas wejścia do systemu, zakładany czas wykonania, rzeczywisty czas wykonania]. Przyjmijmy następujące zagadnienia dla pracownika A :

1. [10:30,11:00,11:10]
2. [10:40,10:50,10:41]
3. [11:00,12:00,11:10]
4. [12:00,13:00,12:15]
5. [12:00,13:00,12:05]

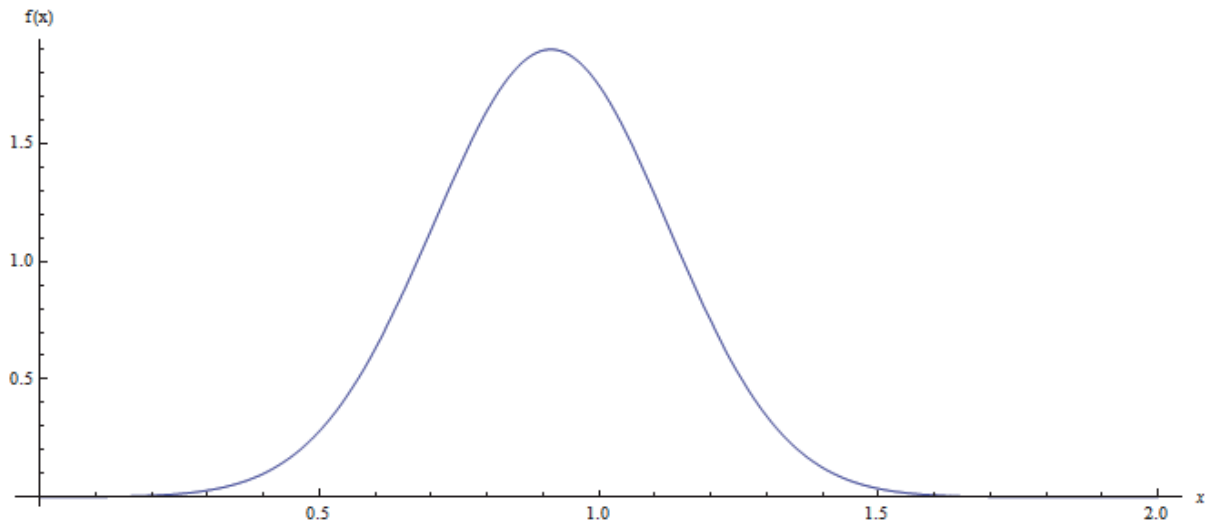
Znormalizowane czasy wykonania to odpowiednio: 1,33; 0,1; 0,17; 0,25; 0,08. Stosując metodę opisaną w poprzednim rozdziale, uzyskano wykres gęstości prawdopodobieństwa, przedstawiony na rys. 1.



Rys. 1. Wykres funkcji gęstości prawdopodobieństwa dla przykładowych danych, dla pracownika A
 Fig. 1. Graph of probability density function for example data for employee A
 Źródło: opracowanie własne.

Zgodnie z algorytmem, ocena takiego pracownika wynosi 0,81. Jest ona niemal identyczna z częstotliwością wykonania zadania na czas $4/5$.

Przyjmijmy, że pracownik B również wykonał 5 zagadnień. Jednak jego znormalizowane czasy wykonania to odpowiednio: 0,9; 0,95; 0,92; 0,99; 0,8. Rezultaty te można zinterpretować jako wykonywanie zadań na ostatnią chwilę. Funkcję gęstości prawdopodobieństwa przedstawiono na rys. 2. W tym przypadku, ze względu na skupienie punktów w okolicach 0,9, krzywa przypomina krzywą Gaussa. Ocena pracownika wyniosła 0,66. Jest ona niższa od oceny pracownika A, pomimo tego że pracownik B wykonał wszystkie zadania na czas. Jednak ze względu na to, że pracownik robił zadania na ostatnią chwilę, prawdopodobieństwo spóźnienia w kolejnych zadaniach może być większe niż w przypadku pracownika A.



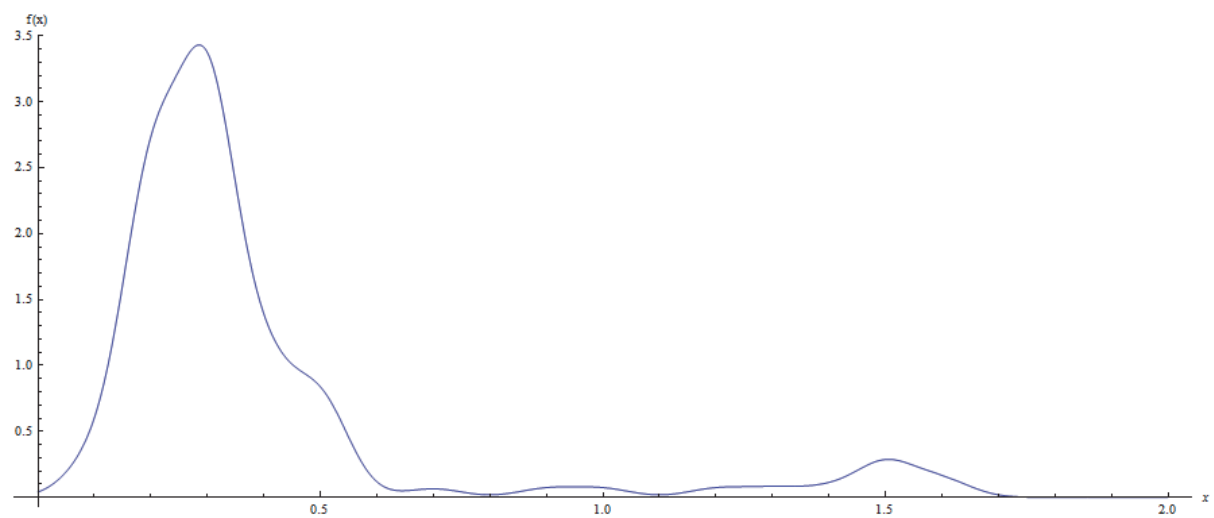
Rys. 2. Wykres funkcji gęstości prawdopodobieństwa dla przykładowych danych, dla pracownika B

Fig. 2. Graph of probability density function for example data for employee B

Źródło: opracowanie własne.

4.2. Przykład poszukiwania punktów krytycznych

Z danych źródłowych uzyskano wykres gęstości prawdopodobieństwa pracy zespołu, przedstawiony na rys. 3.



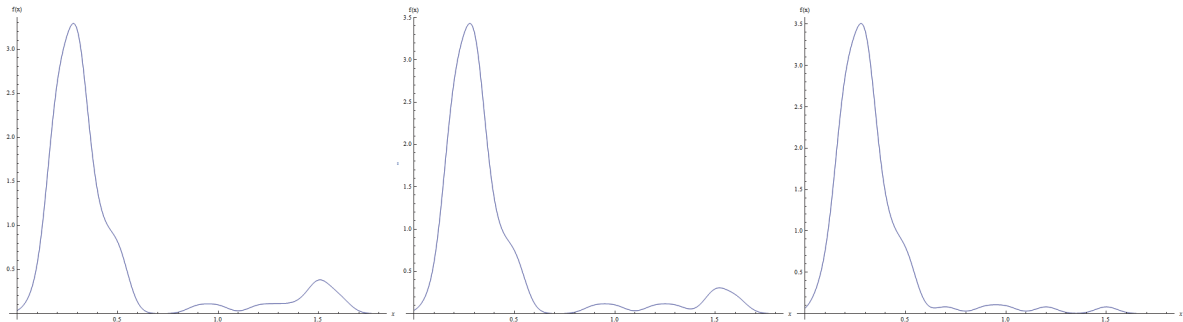
Rys. 3. Wykres funkcji gęstości prawdopodobieństwa dla przykładowych danych, dla zespołu

Fig. 3. Graph of probability density function for example data for the team

Źródło: opracowanie własne.

Dokonując analizy funkcji gęstości prawdopodobieństwa, ocenę zespołu wyliczono według opisanego wcześniej algorytmu na 0,92. Ocena każdego z pracowników zespołu dała podobne rezultaty. Zaobserwowano, że wykres gęstości prawdopodobieństwa osiąga jedno

z maksimum lokalnych w okolicach punktu 1,5. Postanowiono zbadać przyczynę tego zjawiska. Ze względu na to, że ocena każdego z pracowników jest prawie identyczna, nie jest to wina jednego z nich. Pierwszym filtrem, jaki zastosowano, był filtr priorytetu zadań. W badanej firmie mamy trzy priorytety: niski, średni i wysoki. Funkcje gęstości prawdopodobieństwa, uzyskano opierając się na danych dla konkretnych priorytetów, a przedstawiono je na rys. 4.



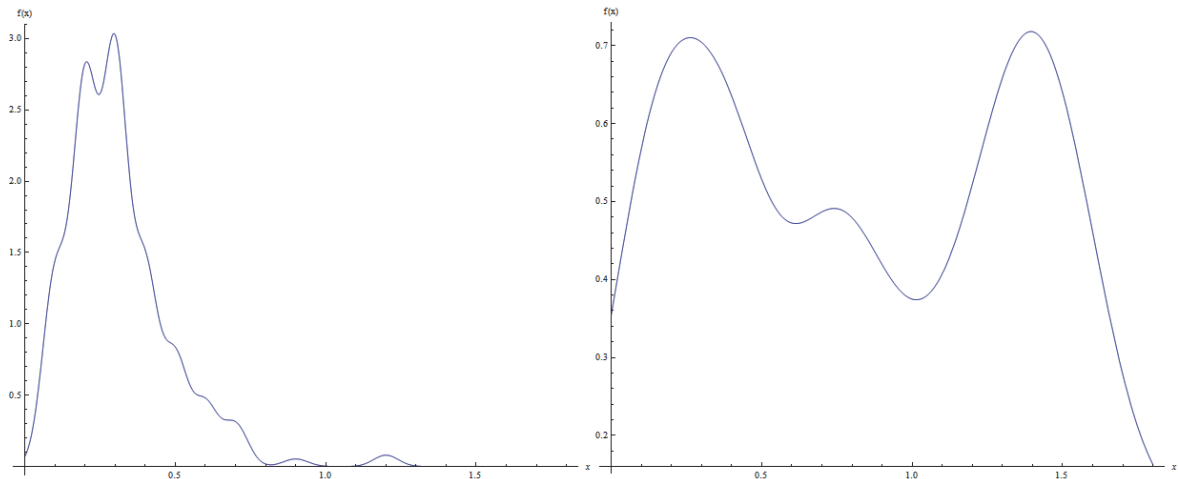
Rys. 4. Wykres funkcji gęstości prawdopodobieństwa dla priorytetów, kolejno: niskiego, średniego, wysokiego

Fig. 4. Graph of probability density function for example data for subsequent priorities: low, average, high

Źródło: opracowanie własne.

Oceny zespołów dla kolejnych priorytetów wyniosły: 0,89; 0,91 i 0,94. Można wyciągnąć wniosek, że zespoły traktują niemal identycznie zadania o różnych priorytetach i w większości wypełniają je na czas. Różne priorytety nie tłumaczą pojawienia się problemów przy niektórych zagadnieniach. Dokonano również analizy godzin pracy. Firma pracuje w godzinach 10-16. Ustalono filtry na każdą kolejną godzinę pracy, tj. dokonano oceny zespołu w godzinach 10-11, 11-12, 12-13, 13-14, 14-15 i 15-16. Ze względu na duże podobieństwo z godzin 10-12 i 13-16, wykres funkcji gęstości prawdopodobieństwa przedstawiono na rys. 5 dla godzin 10-12 i 13-16 oraz dla godziny 12-13.

Ocena zespołu dla godzin 10-12 i 13-16 wyniosła 0,99, natomiast dla godzin 12-13 0,57. Stąd wniosek, że pracownicy nie są w stanie spełnić terminów jedynie w godzinach 12-13. Po analizie sytuacji w firmie przyczyną okazała się obowiązkowa przerwa wykorzystywana przez wszystkich pracowników w godzinach 12.30-12.45. Ustalenie różnych czasów przerw dla różnych pracowników było rozwiązaniem tego problemu i przyczyniło się do wzrostu oceny zespołu do 0,97.



Rys. 5. Wykresy funkcji gęstości prawdopodobieństwa dla godzin 10-12 i 13-16 (po lewej) oraz 12-13 (po prawej)

Fig. 5. Graphs of probability density function for example data for hours 10-12AM and 1-4PM (on the left) and for 12AM-1PM (on the right)

Źródło: opracowanie własne.

5. Podsumowanie

W artykule przedstawiono obiektywną metodę oceny pracowników, opartą jedynie na ich wynikach pracy. Pokazano również, w jaki sposób można dobrać zespół i ocenić go. W przykładzie zaprezentowano, w jaki sposób należy szukać potencjalnych problemów w zespole i jego członkach. Artykuł obejmuje system śledzenia zagadnień, który jest powszechnie stosowany w działach reklamacji, call-center i firmach serwisowych.

W dalszych pracach autorzy zamierzają przebadать zastosowanie tego algorytmu w ocenie aplikacji w architekturze usługowej (ang. SOA – Service Oriented Architecture). W tym przypadku zamiast pracowników będą usługi atomowe, a zamiast zespołów – usługi złożone. Usługi możemy dowolnie łączyć. Autorzy zamierzają zająć się oceną szybkości usługi na podstawie metody przedstawionej w artykule.

Autorzy również zajmują się wdrożeniem metody w estymację czasu i kosztów wykonania dowolnych projektów. W informatyce ocena czasu i kosztów projektu jest często kluczowym i zarazem trudnym zadaniem. Autorzy zamierzają wykorzystać narzędzia probabilistyczne w celu wyliczenia prawdopodobieństwa spełnienia kryteriów, w tym terminu i kosztów realizacji.

Bibliografia

1. Aggarwal A., Waghmare G., Sureka A.: Mining issue tracking systems using topic models for trend analysis, corpus exploration, and understanding evolution. Proceedings of the 3rd International Workshop on Realizing Artificial Intelligence Synergies in Software Engineering, ACM, 2014.
2. Davis P.J., Rabinowitz P.: Methods of numerical integration, Courier Dover Publications, 2007.
3. Dougherty D., Hejl S., Stott L.: Web-based status/issue tracking system based on parameterized definition. U.S. Patent no. 6, 370, 575. 9 Apr. 2002.
4. Jaroszewicz S., Korzeń M.: Arithmetic operations on independent random variables: A numerical approach. SIAM Journal on Scientific Computing 2012, p. 1241-1265.
5. Knapp, Donna: A guide to service desk concepts. Cengage Learning, 2013.
6. Rosenblatt M.: Remarks on Some Nonparametric Estimates of a Density Function. The Annals of Mathematical Statistics 1956, vol. 27, no. 3, p. 832.
7. Seaman D., Powell R.: An evaluation of the accuracy of kernel density estimators for home range analysis. Ecology 1996, no. 77.7, p. 2075-2085.
8. Sidor-Rządkowska M.: Kształtowanie nowoczesnych systemów ocen pracowników. Wolters Kluwer, 2013.

Abstract

In the paper we managed to deal with evaluation of employees in an issue tracking system. Such systems are quite often used in call-centers, services and hosting companies. In the publication we propose objective method of evaluation of employees based on probabilistic methods, including density estimation, kernel methods and arithmetic operations on random variables. Our method calculates the probability of making job on time by both specific employee and team of coworkers. We also introduced analysis, using filters, to find critical areas which should be improve to obtain better quality. The paper also shows examples of visualization of performance of both team and employee. Usage of the method is not limited to evaluation of employees and can be also applied to estimation of project time and cost and also to evaluate services in Service Oriented Architecture.