

Marcin SADOWSKI¹

Opiekun naukowy: Sławomir HERMA²

DOI: <https://doi.org/10.53052/9788366249844.17>

PLANOWANIE PRZESTRZENNE STANOWISK PRACY METODĄ TRÓJKĄTÓW SCHMIGALLI, ZAIMPLEMENTOWANĄ W ŚRODOWISKU VBA MICROSOFT EXCEL

Streszczenie: Opracowanie skupia się na wykorzystaniu narzędzi wizualizacji oraz możliwości zautomatyzowania arkusza MsExcel w celu stworzenia planu struktury przestrzennej stanowisk. Przy pomocy zautomatyzowanego arkusza MsExcel przeprowadzono metodę trójkątów Schmigalli, w której uzyskano strukturę stanowisk rozmieszczonych po siatce trójkątów. Następnie, wykorzystując narzędzia wizualizacji sporządzono finalną strukturę rozmieszczenia stanowisk produkcyjnych na hali

Słowa kluczowe: Struktura przestrzenna, wizualizacja, planowanie stanowiska pracy, Visual Basic for Applications

WORKPLACE SPATIAL PLANNING WITH SCHMIGALLA'S TRINGLES. IMPLEMENTED WITH MICROSOFT EXCEL VBA

Summary: Thesis focuses on using visualization tools and possibilities of automating MS Excel spreadsheet in order to create workplace pre-core structure plan. Using automated MS Excel spreadsheet Schmigalla's triangles method was executed, which produced workplace placement structure in triangle's grid. Using visualization tools final workplace floor placement structure was prepared.

Keywords: Spatial structure, visualization, workstation planning, Visual Basic for Applications

1. Wprowadzenie

Przedsiębiorstwa produkcyjne mają za zadanie sprostać wysokim wymaganiom klientów, jednocześnie zapewniając sobie odpowiednie warunki działania. Więc

¹ inż., Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, marcinsadowski11.90@gmail.com

² dr inż., Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, Katedra Inżynierii Produkcji, sherma@ath.bielsko.pl

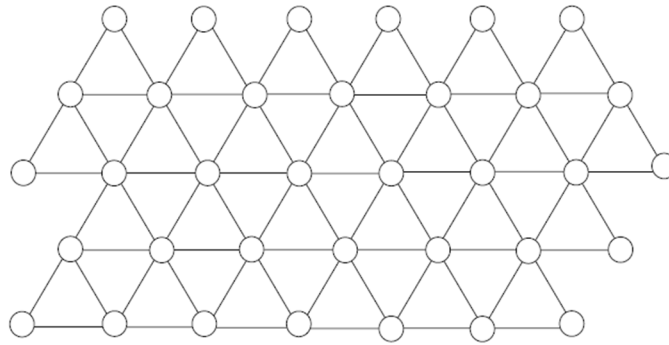
muszą one przede wszystkim przewidzieć i odpowiednio zaplanować proces technologiczny, którego ważnymi elementami są stanowiska i ich rozmieszczenie.

Celem niniejszej pracy, który opowiada na powyższą potrzebę, jest stworzenie zautomatyzowanego arkusza MS Excel, pozwalającego na szybkie i nieskomplikowane przeprowadzenie metody trójkątów Schmigalli. Narzędzie ma ułatwić wybór optymalnego rozmieszczenia struktury przestrzennej stanowisk. Arkusz zostanie sporządzony tak, aby mógł być użytkowany uniwersalnie. Będzie odpowiedni dla wszystkich rodzajów przebiegów produkcji i dziedzin przemysłu. Ograniczeniem narzędzia będzie liczba stanowisk, które będzie można analizować podczas rozmieszczania ich na siatce trójkątów – będzie to 50 stanowisk. W dalszej części pracy przedstawiono sposób, w który zautomatyzowano arkusz MS Excel oraz wykorzystując modele 2D, przedstawiono layouty hali z rozmieszczeniem stanowisk, zarówno według podstawowego założenia, jak i zgodnie z siatką trójkątów. Dzięki opracowanemu arkuszowi usprawniono i skrócono czas powstania nowego planu struktury przestrzennej stanowisk wraz z jego wariantami, a co za tym idzie dokonano redukcji kosztów. Dzięki wykorzystaniu metody trójkątów, wybrano ułożenie stanowisk tak, by jak najbardziej skrócić drogi transportowe co w efekcie pozwoliło zmniejszyć czas pracy transporterów względem podstawowego ułożenia stanowisk.

2. Metoda trójkątów Schmigalli

By wpłynąć na efektywność doskonalenia procesu produkcyjnego należy wziąć pod uwagę przede wszystkim skrócenie dróg transportowych. Jeżeli, zgodnie z procesem produkcyjnym, wytwarza się wiele różnorodnych elementów lub produktów to powstaje konieczność rozmieszczenia stanowisk pracy w taki sposób, by sprawnie przebiegał cały proces produkcji, jednocześnie redukując czas ergo koszt transportu. Metoda trójkątów pozwala tak dobrać miejsce rozmieszczenia stanowisk, by usprawnić przepływ jednocześnie zmniejszając odległość między nimi. Żeby poprawnie wykonać metodę trójkątów Schmigalli, należy najpierw uzyskać dane o ilości powiązań transportowych między stanowiskami następnie, teoretyczne rozmieszczenie stanowisk w opracowanym modelu przestrzennym uwzględniającym wymiar hali, wielkość stanowisk, pól odłączanych, dróg oraz pozostałego wyposażenia. Podczas projektowania planowanego rozmieszczenia punktów pracy można wziąć pod uwagę rzeczywiste lub planowane przebiegi procesu produkcji, wykorzystując przy tym np., diagram Sankeya, tabele transportowe, kadry materiałowe, itp. Po wstępnym planowaniu rozmieszczenia stanowiska za pomocą metody trójkątów należy przeprowadzić rozmieszczenie finalne za pomocą modelowania 2D lub 3D. Przeprowadzając metodę trójkątów Schmigalli musimy wziąć pod uwagę czy rozmieszczanie stanowisk zachodzi w nowej hali czy jest to tylko reorganizacja istniejącego już ułożenia, gdyż znacząco wpływa to na swobodę projektowania. Planowanie rozmieszczenia w nowych zakładach pozwala na całkowitą swobodę, gdzie przy reorganizacji stanowisk występuje wiele ograniczeń i metoda trójkątów może się nie sprawdzić. Głównym założeniem metody trójkątów jest, by stanowiska, między którymi są największe przepływy materiałowe znajdowały się od siebie w jak najmniejszej odległości na siatce trójkątów. Odległość mierzy się licząc boki trójkątów na siatce trójkątów przedstawioną na Rysunku 1. Co za tym idzie punkty na siatce trójkątów są bezwymiarowe i należy je później podać

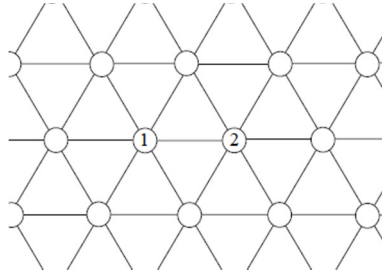
rozmszczeniu przez planowanie szczegółowe uwzględniające gabaryty obiektów oraz pomieszczeń. W czasie planowania szczegółowego, z powodu gabarytów poszczególnych elementów, rozmieszczenie stanowisk może różnić się od rozmieszczenia na siatce trójkątów [1].



Rysunek 1. Siatka przestrzenna Schmigalli [2]

2.1. Algorytm przeprowadzenia metody trójkątów

- 1) Spośród wszystkich obiektów wybrać parę odznaczającą się największą intensywnością przepływów ($S_{ij} = \max$).
- 2) Umieścić wybrane obiekty w sąsiednich wierzchołkach siatki trójkątów tak jak na Rysunku 2.



Rysunek 2. Siatka trójkątów z parą stanowisk [2]

- 3) Wyznaczyć wartość powiązań między obiektami rozmieszczonymi a jeszcze nierozmieszczonymi.
- 4) Spośród jeszcze nierozmieszczonych obiektów wybrać obiekt o największej intensywności przepływów z już rozmieszczonymi i umieścić go na siatce trójkątów w takim węźle siatki, któremu odpowiada najmniejsza wartość funkcji.
- 5) Powtórzyć działania z etapów 3 i 4 tak długo aż nie zostaną rozmieszczone wszystkie stanowiska na siatce.

Metodę trójkątów Schmigalli można określić za pomocą wzoru (1).

$$Q = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n S_{ij} \cdot L_{m(ij)} \rightarrow \min \quad (1)$$

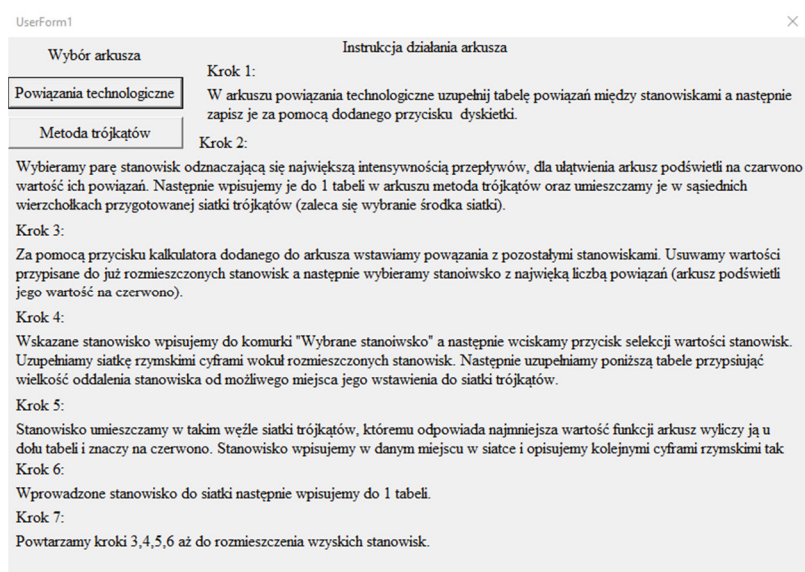
Gdzie:

Q – sumaryczna wartość obciążenia rozstawionych stanowisk (funkcja celu),
 n – liczba rozstawionych stanowisk,
 i, j – rozstawiane obiekty,
 $m(i)$ – miejsce rozstawienia i -tego obiektu,
 $m(j)$ – miejsce rozstawienia j -tego obiektu,
 S_{ij} – ij -ty element macierzy obciążenia stanowisk roboczych,
 $Lm(ij)$ – odległość pomiędzy dwoma stanowiskami m , w których rozstawiono obiekty i oraz j

3. Zautomatyzowania arkusza obliczeniowego metody trójkątów Schmigalli

Przygotowano zautomatyzowany arkusz obliczeniowy metody trójkątów Schmigalli dla maksymalnie 50 stanowisk produkcyjnych, w ramach którego wykorzystano narzędzie Visual Basic for Applications. Dzięki VBA do arkusza dodano okno o nazwie UserForm1 przedstawione na rysunku 3, zawierające instrukcje działania arkusza oraz pozwalające, za pomocą przycisków znajdujących się w lewym górnym rogu, na swobodne przechodzenie pomiędzy danymi arkuszami. Okno ustawiono za pomocą kodu przedstawionego poniżej.

```
Private Sub Workbook_Open()
    UserForm1.Show
End Sub
```



Rysunek 3. Okno instrukcyjne UserForm1

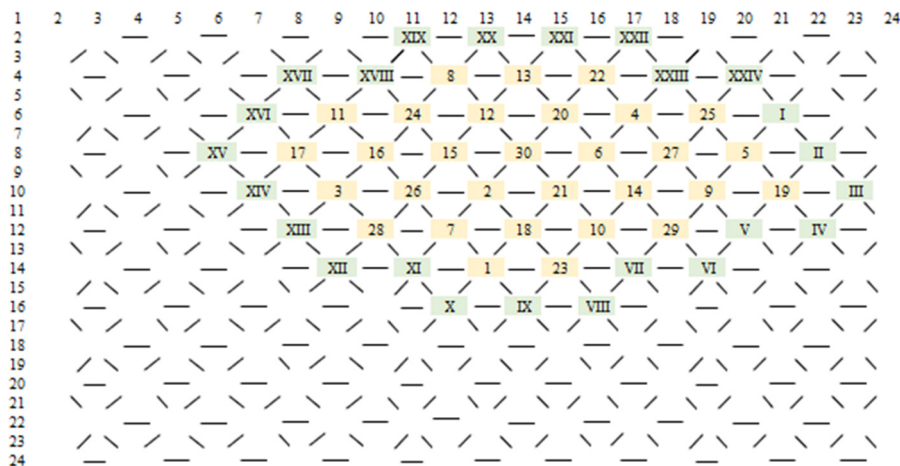
Pierwszym działaniem automatyzacyjnym, które zostało wprowadzone jest zapisanie macierzy powiązań w plikach makro, które zostanie wykonane po naciśnięciu obrazka dyskietki dodanego w arkuszu MsExcel u dołu tabeli powiązań jak przedstawiono na rysunku 4. Wirtualna macierz powiązań została stworzona za


```

Dim q As Integer
q = Cells(63, 4)
If q > 0 And q <= 50 Then
    For c = 1 To 50
        e(c) = Cells(c + 1, 1)
        f(c) = Cells(c + 1, q + 1)
        Cells(64, c + 1) = e(c)
        Cells(65, c + 1) = f(c)
    Next c
ElseIf q = nul Then
    For j = 1 To 50
        Cells(64, j + 1) = 0
    Next j
Else
    MsgBox "Źle wybrano stanowisko"
End If
End Sub

```

Tabele odległości stanowisk od węzła wypełnia pracownik w sposób ręczny opierając się na modelu siatki trójkątów stworzonym w arkuszu, który przedstawiono na rysunku 7. Uzupełnianie siatki trójkątów też odbywa się ręcznie przez pracownika.



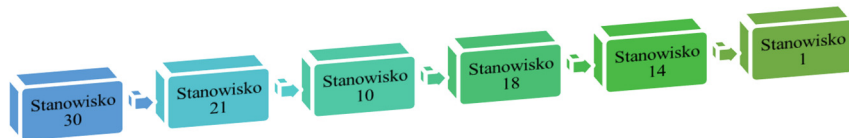
Rysunek 7. Siatka trójkątów w arkuszu MS Excel

Na tej podstawie arkusz sam wylicza stanowiska, które pasują do kolejnej iteracji, wyświetlając ich wynik na czerwono a pracownik wybiera które z nich wybrać. Przycisk selekcji wartości posiada zabezpieczenie, które informuje pracownika, że wybrane stanowisko do selekcji wartości nie znajduje się w macierzy powiązań, wtedy na ekranie pojawi się komunikat „Źle wybrane stanowisko”

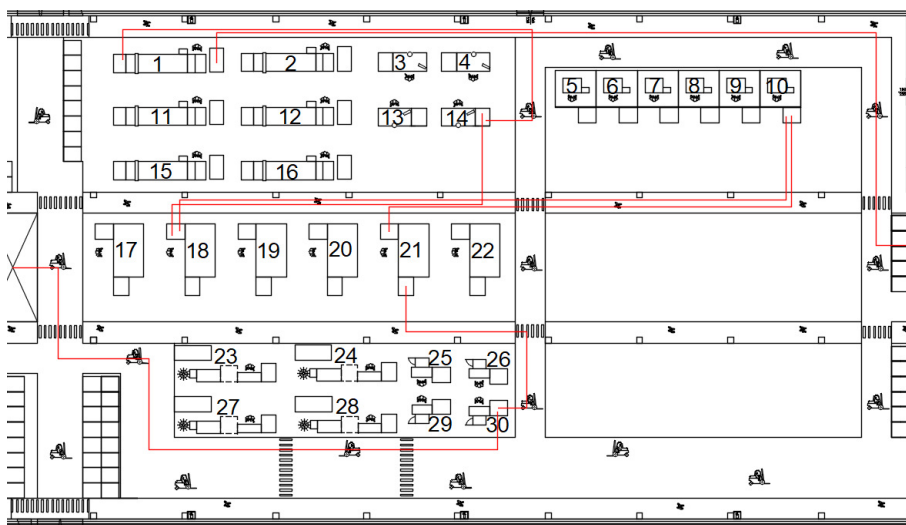
4. Analiza layoutów hal

Przed wykorzystaniem arkusza obliczeniowego przypisano numerację poszczególnym stanowiskom co przedstawiono na rysunku 9. Zaznaczono również drogi powiązań zgodnie z diagramem z rysunku 8. dzięki zautomatyzowanemu

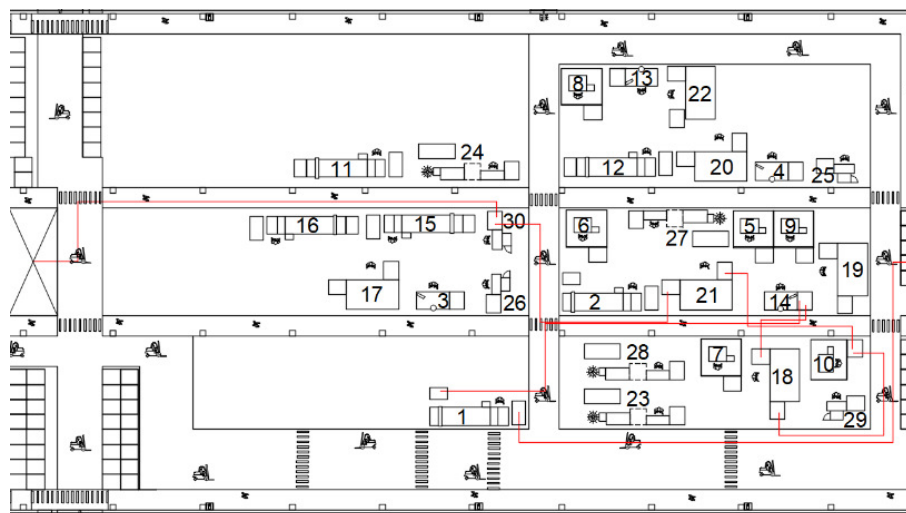
arkuszowi MS Excel w łatwy sposób przeprowadzona została metoda trójkątów Schmigalli, których wynikiem jest rozmieszczenie 30 stanowisk na siatce trójkątów, które zostały przedstawione na rysunku 7. Zgodnie z siatką dokonano rozmieszczenia finalnego za pomocą modelowania 2D oraz przedstawiono je na rysunku 10.



Rysunek 8. Przepływ materiału wybranego elementu



Rysunek 9. Ułożenie stanowisk zgodnie z siatką trójkątów



Rysunek 10. Podstawowe ułożenie stanowisk

LITERATURA

1. BURDUK A., GÓRNICKA D.: Usprawnienie przepływu materiałów i rozmieszczenia stanowisk produkcyjnych na podstawie małego przedsiębiorstwa produkcyjnego. W: Gospodarka materiałowa i logistyka. Wydawnictwo Politechnika wrocławska, Wrocław, 2016, s.23-24
2. KUTSCHENREITER-PRASZKIEWICZ I.,: Planowanie struktury przestrzennej stanowisk pracy dla procesu montażu wyrobów konfigurowanych według wymagań klientów. W: Gospodarka materiałowa i logistyka. Wydawnictwo Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Tom LXXI, 2019, 2-8.

