

Разработване на симулационен модел за производство на дамска права пола

Диана Германова-Кръстева, Динка Господинова

Разработен е симулационен модел за производство на дамска права пола. Производствените операции са групирани по работни места в съответствие с технологичната последователност за нейното изработване и нормовремената на операциите. Извършена е проверка за съгласуваност на потока и е съставен синхронен график. Създаден е алгоритъм за моделиране на шевните процеси, като е използвана симулационната програма SimCad Pro. Направен е анализ на симулационните резултати по отношение на ефективност на процесите и натовареност на работните места.

Ключови думи: организация, шевно производство, симулационно моделиране, ефективност

Development of a Simulation Model for Production of Ladies Straight Skirt

Diana Germanova-Krasteva, Dinka Gospodinova

Simulation model for production of ladies straight skirt is developed. The manufacturing operations are grouped into workstations in line with the technological sequence and the standard times of operations. Examination of the consistency of the workflow is performed and a synchronous schedule is created. An algorithm for modeling of the sewing processes using the simulation program SimCad Pro was created. Analysis of simulation results in terms of processes' efficiency and workstations' loading is made.

Въведение

Компютърната симулация е един от най-динамично развиващите се методи за моделиране на обекти и процеси [2]. Той заменя продължителното и скъпо провеждане на експерименти върху реални производствени системи.

Съвременните симулационни продукти дават възможност за задълбочено анализиране на поведението на производствените системи, разработването на сценарии, идентифицирането на проблемни зони и съкращаването на производствения цикъл [2, 5].

Симулационното моделиране навлиза все по-широко в шевното производство за решаване на организационни проблеми като балансиране на поточни линии, рационално разпределение на дейностите по работните места, на движението на материали, детайли и др. [3-4, 6-8]. Възможността за бързо тестване на различни вариантни решения е сред основните предимства за приложение на метода в индустрия, където модните тенденции и продуктовата гама се променят твърде често.

За моделиране и анализ на организацията на производствените процеси са разработени редица софтуерни продукти, чиито възможности са представени в [1].

Катедра „Текстилна техника“ при ТУ-София получи лиценз от американската фирма Createasoft за ползване на продукта им за моделиране и симулиране на организацията на производството SimCad Pro. Продуктът е универсален и до момента не е използван в шевното производство. Неговите възможности обаче позволяват той да бъде приложен успешно и за този вид производство, тъй като позволява както за анализ на ефекта от смяната на оборудването и внедряването на нови технологии, така и на наличния капацитет, като определя оптималните нива на работната ръка [9].

Цел на изследването

Целта на изследването е да се разработи симулационен модел за производството на дамска права пола с помощта на софтуерен продукт SimCad Pro.

За осъществяване на целта се поставят следните задачи:

1. Да се направи избор на модел и да се състави технологична последователност за изработването му.
2. Да се групират операциите по работни места и да се определи необходимият брой работници.
3. Да се извърши проверка за съгласуваност на потока и да се състави синхронен график.
4. Да се разработи алгоритъм за работа със симулационната програма.
5. Да се анализират данните от симулационните протоколи:
 - обобщаващ отчет;
 - анализ на процесите;
 - анализ на процесите и ресурсите в 90% от най-лошия случай;
 - анализ на Lean ефективността на процесите.
6. Въз основа на получените резултати да се направят изводи и препоръки относно приложимостта на симулационния модел и програмата за целите на изследването.

Експеримент

За разработването на симулационния модел е използван модел на дамска права пола, чиято технологичната последователност за изработване е представена в Табл. 1.

Изборът на прост модел с малък брой технологични операции се обуславя от целта, която е тестване на програмата и оценка на способността ѝ за приложение в шевното производство.

Таблица 1
Технологична последователност за изработване на дамска права пола

№	Наименование на операциите	Вид на операцията	Нормовреме за изпълнение на операцията, s
1	Обшиване на предната и на задната част	машинна	75
2	Затваряне на свивките на предната и на задната част	машинна	69
3	Едностранно заглаждане на свивките	гладачна	35
4	Подлепване на външния колан	гладачна	30
5	Обшиване на вътрешния колан	машинна	36
6	Съединяване на вътрешния и външния колан	машинна	40
7	Срязване на ъглите на колана, обръщане и гладене	гладачна	72
8	Изминаване на страничните шевове на полата	машинна	74
9	Разтваряне и гладене на страничните шевове на полата	гладачна	63
10	Съединяване на дясната част на ципа с полата	машинна	35
11	Съединяване на лявата част на ципа с полата	машинна	35
12	Съединяване на външния колан с полата	машинна	32
13	Пречупване на резервата на външния колан и изминаване на укрепителен бодов ред между външния и вътрешния колан	машинна	43
14	Подгъване на полата по линия на дължината и изминаване на скрит бодов ред	машинна	75
15	Изплитане на илик на колана	машинна	25
16	Пришиване на копче на полата	машинна	20
17	Окончателно гладене	гладачна	180
	Общо време необходимо за цялото изделие		864

Тактът на поточната линия τ се изчислява като:

$$\tau = \frac{3600 \cdot \Phi_{PB}}{Q} \cdot K_{CM.BP.} = 69 \text{ s}, \quad (1)$$

където: Φ_{PB} е фондът работно време за една смяна – 8 h;

Q - количеството произведени изделия – 400 бр./смяна;

$K_{CM.вр.}$ - коефициентът на използване на сменното време – 0,95.

Теоретичният брой работници N_p се изчислява като:

$$N_p = \frac{T}{\tau} = 13,97 \text{ бр.}, \quad (2)$$

където: T е общото време за изработване на изделието, s;

τ – тактът на поточната линия, s.

В Табл. 2 са представени групирани по работни места операции, изчисленият и приетият брой работници.

Таблица 2

Операции по работни места, изчислен и приет брой работници

№ на работното място	Операции по работни места	Вид на организационната операция	Общо време на организационната операция, s	Брой работници (изчислен)	Брой работници (приет)
1	1	машинна	75	1,08	1
2	2	машинна	69	1,00	1
3	3+4	гладачна	65	0,94	1
4	5+6	машинна	76	1,10	1
5	7	гладачна	72	1,04	1
6	8	машинна	74	1,07	1
7	9	гладачна	63	0,91	1
8	10+11	машинна	70	1,01	1
9	12+13	машинна	75	1,08	1
10	14	машинна	73	1,05	1
11	15+16	машинна	45	0,65	1
12	17	гладачна	180	2,60	3
	Общ брой работници			13,97	14

Извършена е проверка за съгласуваност на потока, като е изчислен **коефициентът на съгласуваност** K_c :

$$K_c = \frac{T}{\tau \cdot N_{\phi}} = \frac{N_p}{N_{\phi}} = 0,9, \quad (3)$$

където: T е общото време за изработване на изделието – 864 s;

τ - тактът на поточната линия – 69 s;

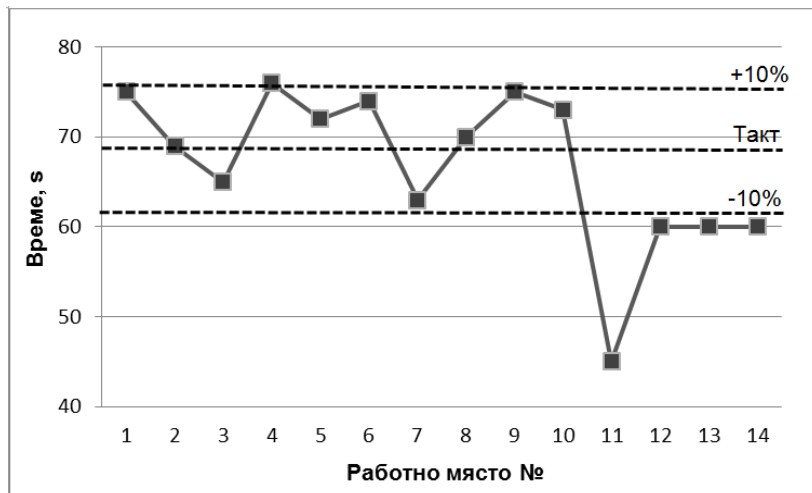
N_{ϕ} - приетият брой работници – 14 бр.;

N_p - изчисленият брой работници – 13,97 бр.

Получената стойност на K_c показва, че поточната линия е съгласувана.

На Фиг. 1 е представен синхронният график, на който се вижда, че работни места от №1 до №10 вкл. са натоварени в рамките на допускателна грешка ($\pm 10\%$), а последните 4 работни места са недостатъчно натоварени. Малкият брой операции, необходимостта от спазването на

определена последователност в изпълнението им и големите разлики в нормовремената на операциите не позволява по-ефективното им групиране.



Фиг.1 Синхронен график

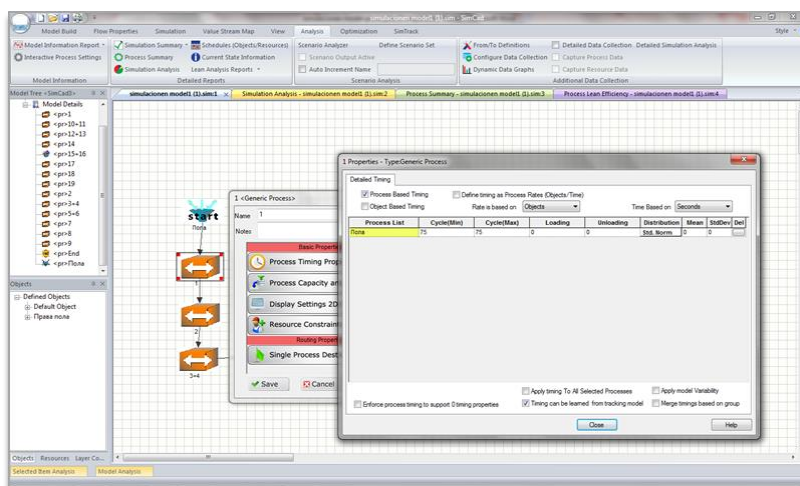
Алгоритмът за изграждане на симулационния модел за организация на производството включва следните основни стъпки:

1. Генериране на детайлите (Start)

В генератора се въвежда времето за подаване на укроените детайли към Работно място №1. Зададено е време, равно на големината на такта на поточната линия (69 s). Симулира се пуск в началото на работната смяна, т.е. на входа на поточната линия няма детайли.

2. Въвеждане на работните места според последователността на разположението им

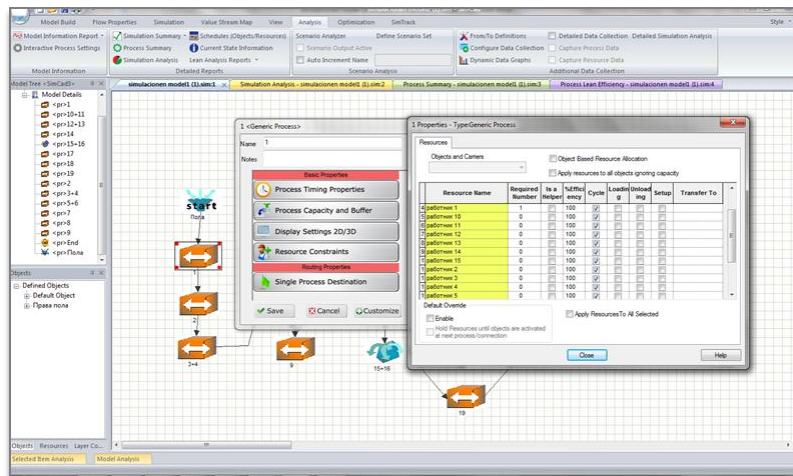
В модула „Item Properties” се въвежда наименованието на работното място, а в „Process Timing Properties” – нормовремето на съответната организационна операция. Начинът за въвеждане на работните места е представен на Фиг. 2.



Фиг. 2 Въвеждане на работните места

3. Въвеждане на основните данни за работниците по работните места (име, брой и степен на заетост на работниците)

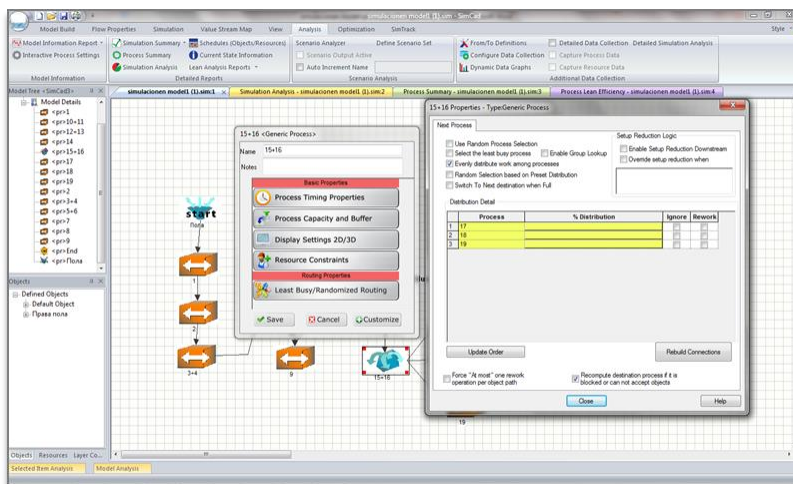
От модула „Item Properties” се избира „Resource Constraint” и се посочва броят на работниците, участващи в производствения процес и степента им на заетост (Фиг. 3).



Фиг. 3 Въвеждане на входни данни за работниците

На всяко работно място, съгласно Табл. 2, се поставя по един работник, изпълняващ зададените операции, с изключение на последната операция (окончателно гладене), за която са необходими 3 работника (Работни места №№17-19).

Придвижването на ушитата пола от Работно място № 11 (операции 15+16) към някое от следващите 3 работни места изисква задаване на правило за разпределение на изработените изделия. От възможните правила е избрано подаването да се осъществява към най-малко заетия работник (Работно място №17, №18 или №19). Начинът на въвеждане е представен на Фиг. 4.



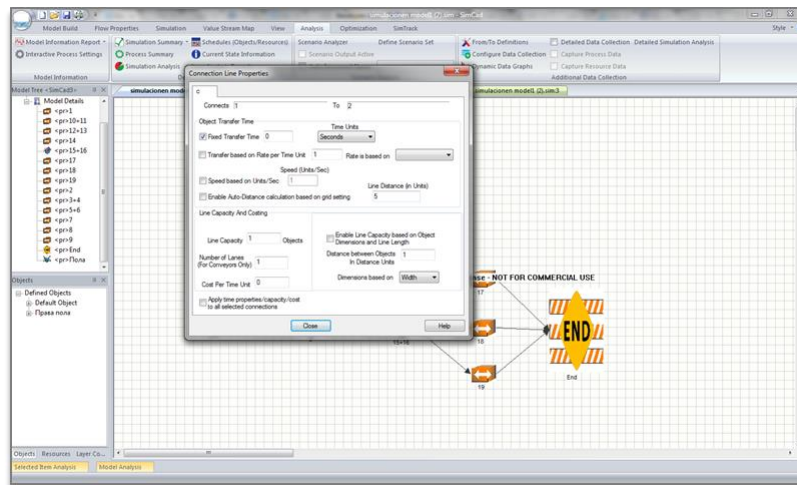
Фиг. 4 Задаване на правилото за подаване към най-малко заетия работник

4. Въвеждане на време за междуоперационен транспорт

От модула „Connection Line Properties” се избира „Speed/Distance/Capacity” и се задава времето за транспорт между отделните работни места. За този начален етап е заложена стойност 0 (Фиг. 5).

5. Въвеждане на край на симулационния модел (END)

За конкретния случай е избрано симулацията да спре след изработката на 400 броя изделия.



Фиг. 5 Въвеждане на времето за междуоперационен транспорт

Резултати

Симулационната програма позволява извеждането на голям брой отчети, с помощта на които може както да се проследи работата на програмата, така и да се изчислят различни характеристики, оценяващи ефективността на процесите и работата на операторите.

- **Обобщаващ отчет (Simulation Summary)**, представен на Фиг. 6.

Simulation Summary	Simulation Time	10:42:53.00s								
Object Type	Objects Completed	Objects in Progress	Lead Time	Cycle Time	Travel Distance	Hands On	Cost	Object VA	Efficiency	Avg Resou
	400	0	0:19:45.10s	0:13:0.40s	0.00	0:17:0.00s	\$ 0.00	0:18:0.00s	91.57%	12.00
Resource Usage	Count	% Usage	% Active	% Active	Total Travel	Distance / Res	Cost(s)			
Operator	1	% 0.00	% 100.00	% 100.00	0.00	0.00	0.00			
Forklift	1	% 0.00	% 100.00	% 100.00	0.00	0.00	0.00			
Operator 1	1	% 84.15	% 100.00	% 100.00	0.00	0.00	0.00			
performer 10	1	% 83.58	% 100.00	% 100.00	0.00	0.00	0.00			
performer 11	1	% 82.89	% 100.00	% 100.00	0.00	0.00	0.00			
performer 12	1	% 80.85	% 100.00	% 100.00	0.00	0.00	0.00			
performer 13	1	% 79.07	% 100.00	% 100.00	0.00	0.00	0.00			
performer 14	1	% 69.70	% 100.00	% 100.00	0.00	0.00	0.00			
performer 15	1	% 0.00	% 100.00	% 100.00	0.00	0.00	0.00			
performer 16	1	% 77.64	% 100.00	% 100.00	0.00	0.00	0.00			
performer 1	1	% 65.57	% 100.00	% 100.00	0.00	0.00	0.00			
performer 2	1	% 73.92	% 100.00	% 100.00	0.00	0.00	0.00			
performer 3	1	% 61.68	% 100.00	% 100.00	0.00	0.00	0.00			
performer 4	1	% 85.95	% 100.00	% 100.00	0.00	0.00	0.00			
performer 5	1	% 71.51	% 100.00	% 100.00	0.00	0.00	0.00			
performer 6	1	% 80.07	% 100.00	% 100.00	0.00	0.00	0.00			
performer 8	1	% 79.38	% 100.00	% 100.00	0.00	0.00	0.00			
Defined Parameters	Variable Name	Value								
	DBQtyResult	0								

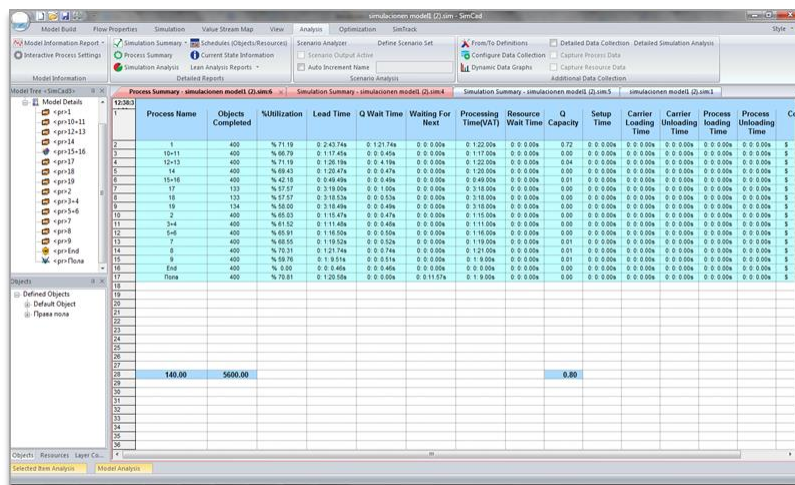
Фиг. 6 Обобщаващ отчет

Резултатите показват, че степента на активност на работниците е между 70 и 85,51%, като с най-голяма активност е Работник 4, който е най-натоварен и съгласно синхронния график.

- **Анализ на процесите (Process Analysis)** - Фиг. 7.

Вижда се, че през Работни места от №1 до №11 (операции 15+16) са преминали по 400 изделия, през работника, изпълняващ операция 17, са преминали 134 изделия, а през тези, изпълняващи операции 18 и 19 - съответно по 133 изделия.

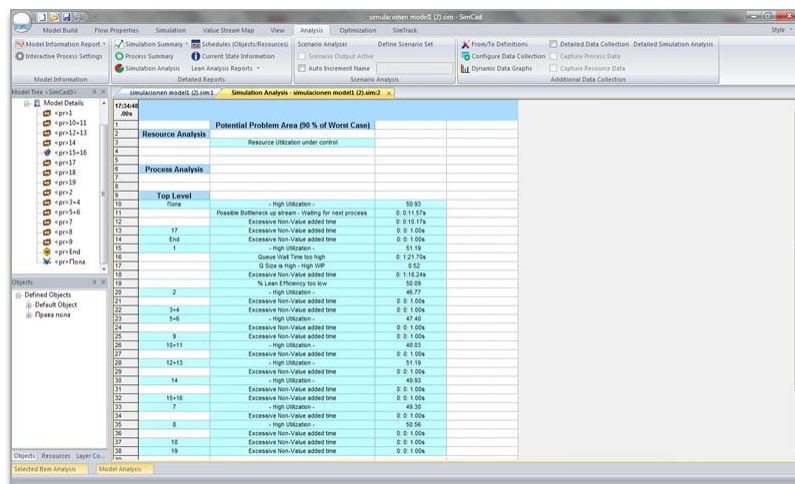
Степента на натоварване на процесите (работните места) е между 60 и 72%, като най-натоварен е процес 1.



Фиг. 7 Анализ на процесите

➤ **Анализ на симулационния модел в 90% от най-лошия случай (Simulation Analysis) - Фиг. 8.**

С помощта на този анализ може да се определи дали степента на натоварване на работниците е под допустимата граница, която е заложена на ниво от 90%.



Фиг. 8 Анализ на процесите и ресурсите в 90% от най-лошия случай

От резултатите, представени на Фиг. 8, следва, че степента на натоварване на работниците е в допустимите граници.

Генераторът е с високо натоварване и при него е възможно да се появи „тясно място“, тъй като е зададено време за генериране 69 s, а първата операция е с продължителност 75 s. В Работно място №1 се получава натрупване от изчакващи детайли и ефективността на този процес е ниска – 50%. Причината за появата на това „тясно място“ е, че предходната и следващите операции са с по-къси времена за изпълнение.

➤ **Анализ на Lean ефективността на процесите (Lean Analysis Report) - Фиг. 9.**

От Фиг. 9 се вижда, че ефективността на „стегнатите“ процеси е над 99%. Изключение прави единствено Работно място №1. Най-ниска ефективност и степен на използване имат генераторът и отново Работно място №1. Причината - натрупването на голямо количество обработвани детайли.

Process Name	VAT	Non VAT	Total	Lean Proc	OEE	%Availability	%Performance	% Quality
1	0.12200%	0.11815%	0.24015%	60.00	39.40	85.00	41.82	100.00
2	0.11700%	0.0351%	0.15210%	99.30	71.15	78.61	90.27	100.00
3	0.12200%	0.0284%	0.15044%	99.20	73.80	84.00	88.05	100.00
4	0.12000%	0.0349%	0.15490%	99.42	74.32	81.92	90.72	100.00
5	0.04000%	0.0349%	0.07490%	98.95	45.23	49.78	90.88	100.00
6	0.31800%	0.1100%	0.42800%	99.60	61.44	67.93	80.45	100.00
7	0.31800%	0.0350%	0.35300%	99.72	62.04	68.44	80.66	100.00
8	0.31800%	0.0351%	0.35310%	99.73	61.50	67.93	80.66	100.00
9	0.11800%	0.048%	0.16600%	99.34	70.14	76.74	91.40	100.00
10	0.11800%	0.035%	0.15300%	99.30	66.90	72.50	90.97	100.00
11	0.11800%	0.035%	0.15300%	99.30	77.20	77.77	99.20	100.00
12	0.11800%	0.035%	0.15300%	99.30	75.24	80.80	90.50	100.00
13	0.12100%	0.037%	0.15800%	99.09	75.10	82.96	90.53	100.00
14	0.11800%	0.035%	0.15300%	99.30	75.24	80.80	90.50	100.00
15	0.11800%	0.035%	0.15300%	99.30	75.24	80.80	90.50	100.00
16	0.11800%	0.035%	0.15300%	99.30	75.24	80.80	90.50	100.00
17	0.03000%	0.035%	0.06500%	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
18	0.11800%	0.035%	0.15300%	99.30	75.24	80.80	90.50	100.00
19	0.11800%	0.035%	0.15300%	99.30	75.24	80.80	90.50	100.00

Фиг. 9 Анализ на Lean ефективността на процесите

OEE (Overall Equipment Effectiveness) е коефициент на обща ефективност на системата, отразяващ степента на използване на оборудването и работниците. Общата ефективност на Работно място №4 е най-висока (77%), а на Работно място №1 - най-ниска (50%).

Анализ на резултатите

Резултатите от извършеното изследване могат да се обобщят по следния начин:

1. Разработен е симулационен модел за производството на относително прост модел шевно изделие - дамска права пола. За целта е използван симулационният продукт SimCad Pro, който се оказва подходящ за моделиране на дискретни процеси, каквито са в шевните.
2. Предложен е алгоритъм за изграждане на симулационен модел на шевно производство, позволяващ отчитането на времената за изпълнение на машинните и на транспортните операции.
3. Въз основа на получените протоколи (отчети) са анализирани работните процеси и натоварването на работните места и операторите. Изчислени са характеристики за оценка на ефективността на ресурсите – човешки и машинни.
4. За конкретния изследван сценарий се отчита сравнително ниска степен на използване на работниците, тъй като е изследван моментът на пуск на линията и част от работниците изчакват известно време до захванването им с детайли.
5. Степента на натоварване на работниците е в допустимите граници. Заетостта на работниците е между 70 и 85,5%, като с най-натоварен е Работник 4, който работи в горната граница на допустимите отклонения. Степента на натоварване на работните места е между 60 и 72%, като най-натоварен е процес 1, който се намира в началото на поточната линия, а нормираното време за изпълнението му е по-голямо както от такта, така и от предходния процес (генерирането на детайлите).
6. Работата между Работни места №17, №18 и №19 е разпределена правилно и е спазен зададеният начин на подаване на изделията.
7. Lean ефективността на почти всички процеси (с изключение на Работно място №1) е над 99%. Степента на използване на генератора и на Работно място №1 са много ниски, като причината е натрупването на голямо количество обработвани детайли, които изчакват за обработка.

Заклучение

Използваният софтуерен продукт позволява моделирането и симулирането на процеси в шевното производство. Предстои моделирането на производството на по-сложни изделия и разработването на цялостна концепция и алгоритъм за изграждането на такива модели.

Представените изследвания са финансирани по договор №142ПД0004-02 „Изследване на организацията на шевното производство чрез симулационно моделиране”.

Литература

1. Господинова Д., Д. Германова-Кръстева. Възможности на симулационното моделиране за изследване и подобряване на организацията в шевното производство, XVIII Научна конференция с международно участие ЕМФ 2013, Созопол, 15.09-18.09.2013, Сборник доклади, том II, стр. 192-196.
2. Atan S., R. Ramlan. Cycle time reduction of a garment manufacturing company using simulation technique, Proceedings International Conference of Technology Management, Business and Entrepreneurship, December 2012, Melaka, Malaysia.
3. Bahadir S. Assembly Line Balancing in Garment Production by Simulation, www.intechopen.com, 2011, pp. 67-82.
4. Dai H., L. Chen. Computer-aided method for merger and balance of working procedure in Apparel assembly line, International Conference on Software Engineering and Computer Science (ICSECS2013), August 2013, pp. 241-244.
5. Eryürük S.H. Clothing Assembly Line Design Using Simulation and Heuristic Line Balancing Techniques, Tekstil ve Konfeksiyon, Vol. 22, Issue 4, Oct-Dec 2012, pp. 360-368.
6. Güner M.G., C. Ünal. Line Balancing in the Apparel Industry Using Simulation Techniques, Fibers & Textiles in Eastern Europe, Vol. 16, No. 2 (67), April/June 2008, pp. 75-78.
7. Kursun S., F. Kalaoglu. Simulation of Production Line Balancing in Apparel Manufacturing, Fibers & Textiles in Eastern Europe, Vol. 17, No. 4 (75), 2009, pp. 68-71.
8. Zieliński J., M. Czacherska. Optimisation of the Work of a Sewing Team by Using Computer Simulation, Fibers & Textiles in Eastern Europe, Vol. 12, No. 4 (48), October/December 2004, pp. 78-82.
9. www.createasoft.com

доц. д-р Диана Германова-Кръстева, ТУ–София, тел. 02 9652792, e-mail: dianakra@tu-sofia.bg

маг. инж. Динка Господинова, ТУ–София, тел. 02 965 39 37, e-mail: dgospodinova@tu-sofia.bg