

# ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ.

## INFORMATION AND MATHEMATICAL SUPPORT OF ECONOMIC PROCESSES

УДК 658.5.12

### ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ПОДБОР КОМПЛЕКТУЮЩИХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СЛОЖНЫХ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Н.А. Спиридонов, магістр

Е.В. Пугачевская, к.е.н., доцент

*Одесский национальный политехнический университет, Одесса, Украина*

*Спіридонов М.О., Пугачевська О.В. Інтелектуальний підбір комплектуючих для виробництва складних багатокомпонентних виробів.*

Запропонована методика пошуку в транзакційній базі даних про історію відшивів популярних наборів комплектуючих і генерації на їх основі асоціативних правил для пошиття брючних виробів. Методика реалізована на технологічних платформах «1С: Підприємство 8.1» і «Base Group Labs: Deductor Studio».

*Ключові слова:* виробнича логістика, багатокомпонентні вироби, алгоритм Apriori

*Спиридонов Н.А., Пугачевская Е.В. Интеллектуальный подбор комплектующих для производства сложных многокомпонентных изделий.*

Предложена методика поиска в транзакционной базе данных об истории отшивов популярных наборов комплектующих и генерации на их основе ассоциативных правил для пошива брючных изделий. Методика реализована на технологических платформах «1С: Предприятие 8.1» и «Base Group Labs: Deductor Studio».

*Ключевые слова:* производственная логистика, многокомпонентные изделия, алгоритм Apriori

*Spiridonov N.A., Pugachevskaya E.V. Intellectual selection of stuff for the production of difficult multicomponent wares.*

Proposals method of searching the transaction database on the history of popular stuff sets of components and generation on the basis of their association rules for sewing trouser products. The method is implemented in the technology platforms «1С: Enterprise 8.1» and the «Base Group Labs: Deductor Studio».

*Keywords:* productive logistic, algorithm Apriori

Логистика – часть экономической науки, предмет которой заключается в организации рационального процесса продвижения товаров и услуг от поставщиков сырья к потребителям, функционирования сферы обращения продукции, товаров, услуг, управления товарными запасами, создания инфраструктуры товародвижения. Основным направлением производственной логистики является обеспечение адаптации материальных и иных потоков к переменам внешней среды предприятия, т.е. способность оперативно менять качественные и количественные показатели потоков на предприятии [1]. При этом в век высоких технологий остро стоит вопрос временных затрат на решение логистических задач, особенно если речь идет о решении трудноформализуемой задачи комплектации сложного многоэлементного изделия. Примером такой задачи на швейном предприятии может быть задача комплектации отшива брючных изделий, ведь временные затраты на ее решение могут исчисляться часами, что в значительной мере может отразиться на конкурентоспособности компании и, соответственно, на ее финансовом положении.

Разработка методики поиска в транзакционной базе данных истории отшивов популярных наборов комплектующих и генерация на их основе ассоциативных правил для пошива брючных изделий и ее реализация в виде интеллектуальной информационной системы анализа логистических данных (ИИСАЛД) поможет решить актуальную задачу предоставления оперативной информации о выпуске изделий лицам, принимающим решения на предприятии. Применение интеллектуальной системы позволило автоматизировать длительные и трудоемкие процессы выбора состава и расчета стоимости необходимых комплектующих для по-

шива сложных многокомпонентных брючных изделий и тем самым значительно сократить накладные расходы швейном предприятии.

Для создания методики авторам необходимо было:

- проанализировать задачу выбора состава и расчета стоимости необходимых комплектующих для пошива сложных многокомпонентных брючных изделий и определить требования к ее решению;
- проанализировать методы и модели решения трудноформализуемых задач и выбрать метод для подбора комплектующих сложного многокомпонентного изделия;
- определить требования к формированию транзакционной базы данных в терминах анализа связей и разработать базу истории отшивов многокомпонентных брючных изделий;
- разработать методику применения анализа связей к базе истории отшивов с применением возможностей аналитической платформы *Deductor Studio*;
- продемонстрировать возможность реализации предлагаемой методики в виде интеллектуальной системы анализа логистических данных на технологической платформе «ІС:Предприятие 8.1».

**Задача выбора состава и расчета стоимости необходимых комплектующих для пошива сложных многокомпонентных брючных изделий**

Успех любого предприятия в большой степени зависит от скорости и качества обслуживания клиентов, а также от их количества и уровня их потребления. Для производственных предприятий, производящих сложную многокомпонентную продукцию разных комплектаций, цветов и размеров (рис. 1), особенно остро стоит вопрос создания системы автоматизированного подбора сопоставимых комплектующих и автоматического подсчета себестоимости этих комплектующих для последующего принятия решения о выпуске или невыпуске такого рода продукции. Ценность оперативной информации такого рода сложно переоценить, учитывая современные темпы развития производства и скорость изменения вкусов потребителей. Таким образом, можно с уверенностью утверждать, что определение себестоимости сложного многокомпонентного изделия – первоочередная и трудноформализуемая задача производственной логистики.



Рис. 1. Составляющие многокомпонентного изделия «Брюки»

На каждом предприятии, производящем сложные многокомпонентные изделия, особое место занимает производственная логистика и, соответственно, разработка и внедрение систем ее автоматизации. При этом целью разработки информационной системы (ИС) фирмы является предоставление полной и актуальной информации всем заинтересованным лицам в рамках их обязанностей, которая смогла бы удовлетворить всех пользователей, участвующих в информационном обмене в рамках предприятия. При использовании существующих ИС, как правило, остро стоит вопрос удобного и эффективного подбора комплектующих

для будущих изделий и всесторонний анализ состава, структуры и динамики их себестоимости. Данная задача относится к разряду трудноформализуемых, что говорит о значительных трудностях при ее решении классическими методами программирования.

**Анализ методов и моделей решения трудноформализуемых задач**

В последнее время для решения трудноформализуемых задач хорошо зарекомендовали себя методы интеллектуального анализа данных (ИАД или Data Mining), схема решаемых задач которых представлена на рисунке 2 [2, 5, 6].

Класифікація решать задачи отнесения объектов (наблюдений, событий) к одному из заранее известных классов. Регрессия устанавливает зависимости непрерывных выходных от входных переменных. Кластеризация занимается группировкой объектов (наблюдений, событий) на основе данных (свойств), описывающих сущность этих объектов. Поиск ассоциаций – выявление закономерностей между связанными событиями. Поиск последовательных шаблонов – установление закономерностей между связанными во времени событиями, т.е. обнаружение зависимости, что если

произойдет событие X, то спустя заданное время произойдет событие Y.

Методы ИАД уже доказали свою эффективность при оценке эффективности рекламных компаний, при оценке кредитоспособности, при анализе рынка с целью его сегментации и даже в биржевой игре [2]. Анализ задач, решаемых методами ИАД, говорит о том, что поиск сопоставимых комплектов может быть сведен к задаче определения популярных наборов с дальнейшей генерацией ассоциативных правил на основе прошлого опыта выпуска продукции (анализ связей).

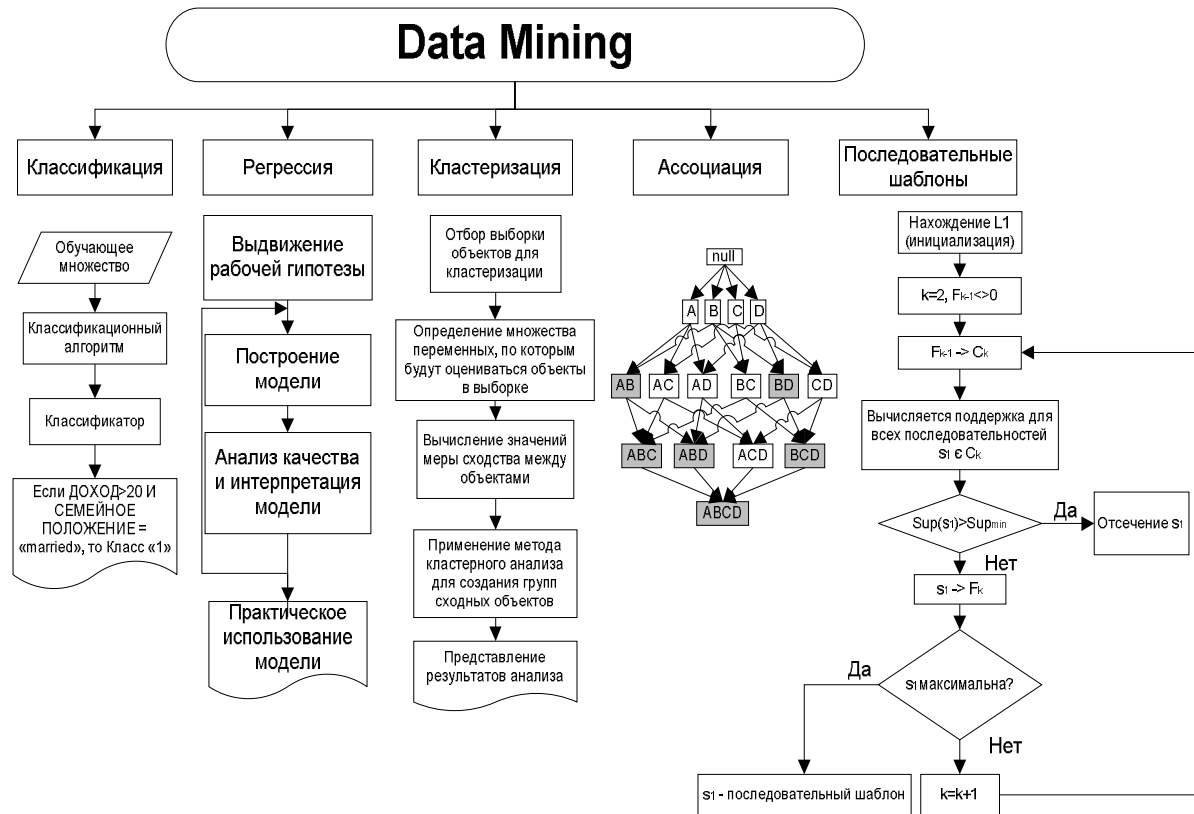


Рис. 2. Схема взаимосвязи задач ИАД и этапов их решения

### Определение требований к формированию транзакционной базы данных

Целью анализа связей является установление следующих зависимостей: если в транзакции встретился некоторый набор элементов X, то на основании этого можно сделать вывод о том, что другой набор элементов Y также должен появиться в этой транзакции. При этом под транзакцией понимается набор элементов, относящихся к одному событию. В случае швейного предприятия транзакцией является отшив одной серии брюк. Наборами элементов при этом являются комплектующие, участвующие в одном отшиве.

Установление зависимостей комплектующих дает возможность находить очень простые и интуитивно понятные правила. Алгоритмы поиска

ассоциативных правил предназначены для нахождения всех правил X Y, причем поддержка и достоверность этих правил должны быть выше некоторых наперед определенных порогов, называемых соответственно минимальной поддержкой (minsupport) и минимальной достоверностью (minconfidence) [4]. Под поддержкой понимается процент транзакций, содержащих условие и следствие, а достоверность правила показывает какова вероятность того, что из условия вытекает следствие.

Значения для параметров минимальная поддержка и минимальная достоверность выбираются таким образом, чтобы ограничить количество найденных правил. Если поддержка имеет большое значение, то алгоритмы будут находить пра-

вила, хорошо известные аналитикам или настолько очевидные, что нет никакого смысла проводить такой анализ. С другой стороны, низкое значение поддержки ведет к генерации огромного количества правил, что, конечно, требует существенных вычислительных ресурсов. Тем не менее, большинство интересных правил находится именно при низком значении порога поддержки. Хотя слишком низкое значение поддержки ведет к генерации статистически необоснованных правил.

Поиск ассоциативных правил совсем не тривиальная задача, как может показаться на первый взгляд. Одна из проблем – алгоритмическая сложность при нахождении часто встречающихся наборов элементов, т.к. с ростом числа элементов в  $I(I)$  экспоненциально растет число потенциальных наборов элементов.

При формировании нормализованной транзакционной базы для аналитической платформы Deductor Studio следует учесть, что ее формат должен соответствовать следующему формату: каждая строка представляет одно комплектующее, каждая строка состоит из номера транзакции и комплектующего, номер транзакции и комплектующее должны быть разделены (;) для последующего безошибочного распознавания текстового файла. Также при формировании нормализованной транзакционной базы следует выбирать только те виды комплектующих, связи между которыми предполагается изучить.

**Разработка методики применения анализа связей к базе истории отшивов**

Разработка ИИСАЛД представляет собой базу данных (БД), разработанную на технологической платформе 1С: Предприятие 8.1 с использованием возможностей анализа аналитической платформы Deductor Studio. ИИСАЛД разработана на примере швейного предприятия, основной продукцией которого являются брюки. БД выполняет функции структуризации и накопления информации с целью ее предоставления всем заинтересованным лицам и возможностью последующей выгрузки текстового файла в Deductor Studio. Следует отметить, что множество комплектующих

изделия, множество их видов, цветов и поставщиков заставляет для каждого из видов комплектующих создавать отдельный справочник, что способствует ускорению поиска в базе данных и более «комфортной» разработке. Аналитическая платформа производит поиск популярных наборов и генерацию ассоциативных правил (АП) на основании информации, выгруженной из БД в текстовом файле. Сгенерированные правила вносятся в БД для работы интеллектуального подбора. Вся история отшивов в БД хранится в документах «Отшив», информация из которых при помощи обработки «Экспорт документов» формирует текстовый файл «Отшив.txt». После обработки файла компонентой «Ассоциативные правила» полученные правила вносятся в документ «Условия и правила» БД. После проведения документа «Условия и правила» активизируется функционал интеллектуального подбора в документе «Отшив» при нажатии на кнопку «Подбор» возле требуемого комплектующего.

Последовательность работы ИИСАЛД представлена на рисунке 3 и на рисунке 4. Сначала в БД вносится информация об истории отшивов посредством заполнения и проведения документов «Отшив». Далее при помощи разработанной обработки «Экспорт документов» производится формирование и выгрузка текстового файла, содержащего нормализованную транзакционную базу истории отшивов в сопоставимом с Deductor Studio формате, после чего полученный файл загружается в аналитическую платформу Deductor Studio. Загруженные данные подвергаются анализу обработкой «Поиск ассоциативных правил», где при помощи алгоритма Apriori производится поиск популярных наборов и генерация ассоциативных правил с учетом введенных ограничений минимальных и максимальных поддержки и достоверности и мощности множеств. Полученные правила вносятся в БД путем заполнения и проведения документа «Условия и правила», после чего становится доступным функционал интеллектуального подбора комплектующих в документе «Отшив».

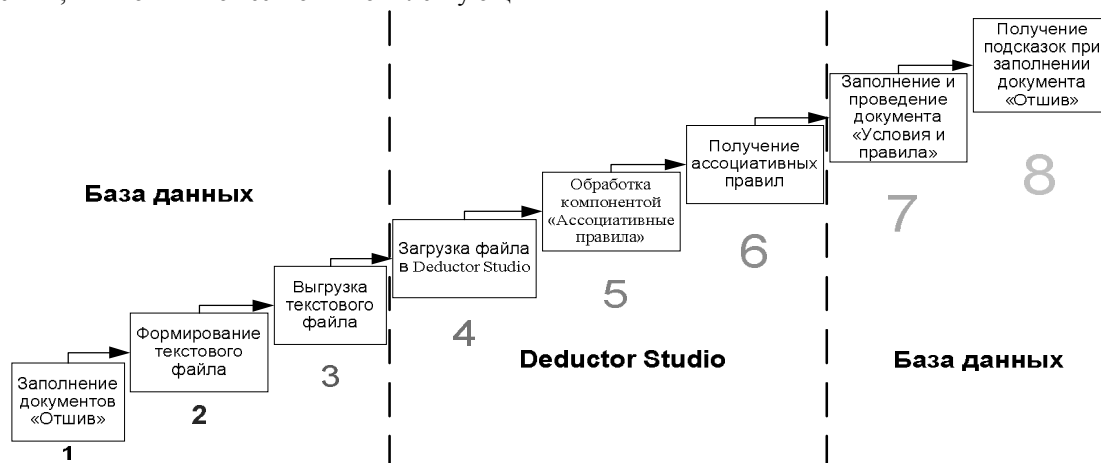


Рис. 3. Последовательность интеллектуального анализа данных

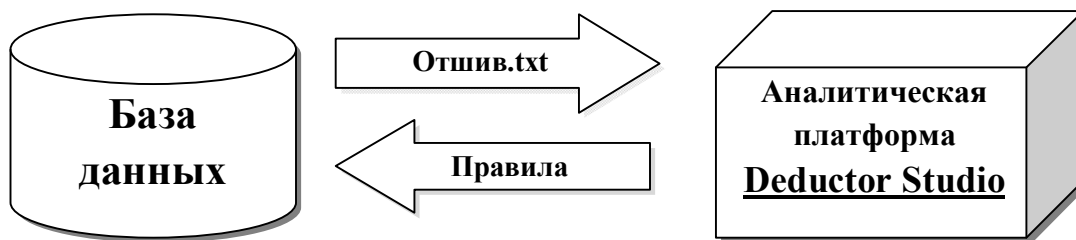


Рис. 4. Обобщенная схема взаимодействия БД и аналитической платформы

Таким образом, существует два направления движения информации в разработанной ИС: от БД в аналитическую платформу выгружается файл в формате Deductor Studio с информацией об отшивах, а из аналитической платформы в БД вносятся полученные в результате анализа ассоциативные правила, что дает возможность использования функционала интеллектуального подбора в форме документа «Отшив». Направления движения информации в ИИСАЛД представлены на рисунке 6.

### Реализация методики в виде ИИСАЛД на технологической платформе 1С:Предприятие 8.1

Используя разработанную схему данных была разработана база данных и интерфейс к ней на технологической платформе 1С:Предприятие 8.1. Основными документами базы являются «Отшив» и «Условия и правила», экранные формы которых представлены на рисунке 5.

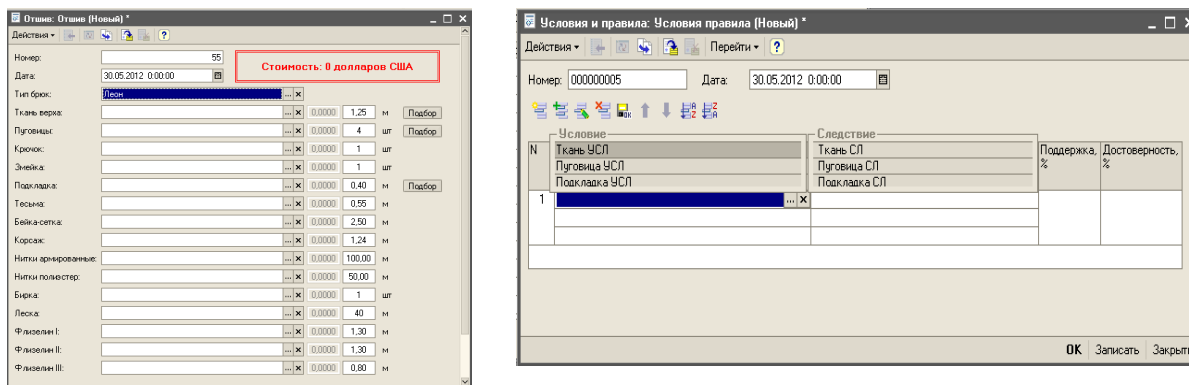


Рис. 5. Экранные формы документов: а) Отшив; б) Условия и правила

Внеся всю историю отшивов в БД путем заполнения документов «Отшив» требуется сформировать и выгрузить текстовый файл, содержащий нормализованную транзакционную базу истории

отшивов. Экранная форма обработки «Экспорт документов» с настройками выгрузки представлена на рисунке ниже.

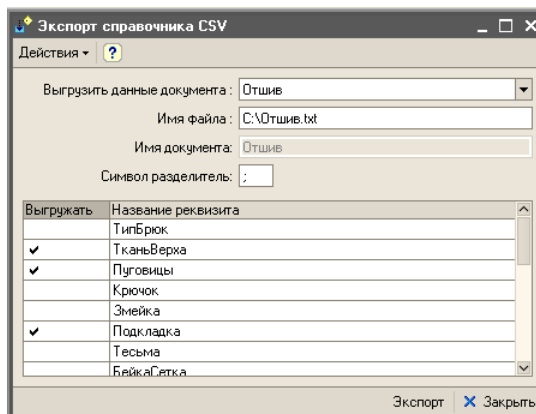


Рис. 6. Работа обработки «Экспорт документов»

После импорта сформированного текстового файла в аналитическую платформу Deductor Studio производится анализ нормализованной транзакционной базы истории отшивов компонен-

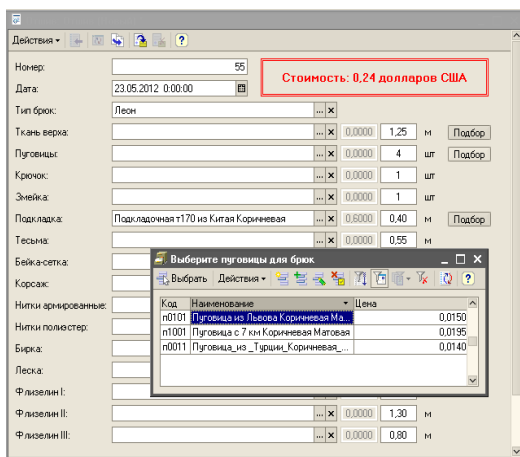
тов «Поиск ассоциативных правил». Полученные в результате работы компоненты правила представлены ниже.

№	Номер правила	Условие	Следствие	Поддержка		Достоверность	Лифт
				Кол-во	%		
1	1	Подкладочная т170 из Ки	Пуговица из Турции Серая	6	11,11	40,00	3,086
2	2	Пуговица из Турции Серая	Подкладочная т170 из Ки	6	11,11	85,71	3,086
3	3	Подкладочная т170 из Ки	Пуговица с 7км Черная Ма	6	11,11	40,00	1,440
4	4	Пуговица с 7км Черная Ма	Подкладочная т170 из Ки	6	11,11	40,00	1,440
5	5	Подкладочная т190 из Ки	Пуговица с 7 км Черная Гл	13	24,07	61,90	2,571
6	6	Пуговица с 7 км Черная Гл	Подкладочная т190 из Ки	13	24,07	100,00	2,571
7	7	Подкладочная т190 из Ки	Пуговица с 7км Черная Ма	7	12,96	33,33	1,200
8	8	Пуговица с 7км Черная Ма	Подкладочная т190 из Ки	7	12,96	46,67	1,200
9	9	Подкладочная т190 из Ки	т29 7км Темно-синий	9	16,67	42,86	2,571
10	10	т29 7км Темно-синий	Подкладочная т190 из Ки	9	16,67	100,00	2,571
11	11	Подкладочная т190 из Ки	т29 Турция Темно-синий	9	16,67	42,86	2,571
12	12	т29 Турция Темно-синий	Подкладочная т190 из Ки	9	16,67	100,00	2,571
13	13	Пуговица с 7 км Черная Гл	т29 7км Темно-синий	7	12,96	53,85	3,231
14	14	т29 7км Темно-синий	Пуговица с 7 км Черная Гл	7	12,96	77,78	3,231
15	15	Пуговица с 7 км Черная Гл	т29 Турция Темно-синий	6	11,11	46,15	2,769
16	16	т29 Турция Темно-синий	Пуговица с 7 км Черная Гл	6	11,11	66,67	2,769

Рис. 7. Полученные ассоциативные правила

Полученные ассоциативные правила вносятся в БД путем заполнения и проведения документа «Условия и правила», после чего активизируется функционал интеллектуального подбора в форме

документа «Отшив», что и представлено на рисунке 8.



Код	Наименование	Цена
п0110	Пуговка из Львова Коричневая Глянцевая	0,0150
п0101	Пуговка из Львова Коричневая Матовая	0,0150
п0100	Пуговка из Львова Серая Матовая	0,0150
п0010	Пуговка из Турции Серая Матовая	0,0140
п0001	Пуговка из Турции Черная Матовая	0,0140
п1001	Пуговка с 7 км Коричневая Матовая	0,0195
п1010	Пуговка с 7 км Черная Глянцевая	0,0195
п1011	Пуговка с 7км Серая Глянцевая	0,0195
п1000	Пуговка с 7км Серая Матовая	0,0195
п0111	Пуговка с 7км Черная Матовая	0,0195
п0011	Пуговка из _Турции_ Коричневая_Матов...	0,0140

Рис. 8. Работа интеллектуального подбора: а) подбор в документе «Отшив»; б) справочник

**Выводы**

Результаты интеллектуального подбора напрямую зависят от количества и качества истории отшивов, хранящейся в БД, а также от значений параметров ограничений при поиске ассоциативных правил в аналитической платформе Deductor

Studio. К примеру, при следующих значениях ограничений:

- минимальная поддержка 2%
- максимальная поддержка 100%
- минимальная достоверность 2%
- максимальная достоверность 100%

среди истории 54 отшивов было получено 164 ассоциативных правила. Наибольшее количество правил было получено при поддержке от 3,7% до 7,4% с высоким уровнем достоверности, что говорит о том, что данные правила встречаются редко, но они высоковероятные. Таким образом, можно сделать вывод о том, что данные правила относятся именно к популярным моделям отшива. С расширением диапазона ограничений количество правил увеличивается, поэтому оптимальная с точки зрения конечного пользователя настройка значений ограничений подбирается эмпирическим путем.

Внедрение разработанной системы позволит ускорить и сделать более точным процесс подбора комплектующих для пошива брюк, увеличит

лояльность клиентов посредством лучшего понимания и удовлетворения их потребностей, что улучшит финансовое положение компании. Предполагается, что автоматизация подбора комплектующих и просчет их стоимости решит актуальную задачу предоставления оперативной информации о выпуске изделий лицам, принимающим решения на предприятии.

Интеллектуальная информационная система анализа логистических данных может быть рассмотрена как первый этап автоматизации расчета производственной программы предприятия и может послужить основой для дальнейших исследований способов снижения себестоимости продукции.

### Список литературы:

1. Суть и задачи производственной логистики [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.logistclub.com.ua/index.php?option=com\\_content&view=article&id=111&Itemid=13](http://www.logistclub.com.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=111&Itemid=13) 2. – Загл. с экрана.
2. Чубукова И.А. Data Mining: учебное пособие / И.А. Чубукова. – М. : Интернет-университет информационных технологий: БИНОМ: Лаборатория знаний, 2006. – 382 с.
3. Гайдук А. Оптимизации современного бизнес-процесса за счет реализации системы электронного документооборота [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://elcomrevue.ru/?p=53>. – Назва з екрана.
4. Шахиди А. Введение в анализ ассоциативных правил [Электронный ресурс] / А. Шахиди. – Режим доступа: <http://www.basegroup.ru/rules/intro.html>. – Загл. с экрана.
5. Data mining [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Data\\_mining](http://ru.wikipedia.org/wiki/Data_mining). – Загл. с экрана.
6. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс : пер. с англ. / С. Хайкин. – М. : ООО «И.Д. Вильямс», 2006. – 1104 с.
7. Гальберштам Н.М. Нейронные сети как метод поиска зависимостей структура – свойство органических соединений / Н.М. Гальберштам, И.В. Баскин, В.А. Палюлин, Н.С. Зефирова // Успехи химии. – 2003. – № 72(7). – С. 706-727.
8. Бодянский Е.В. Искусственные нейронные сети: архитектура, обучение, применение / Е.В. Бодянский, О.Г. Руденко. – Харьков: ТЕЛТЕХ, 2004. – 372 с.

Подана в редакцию 27.05.2012

Спиридонов Николай Алексеевич / Nickolay A. Spiridonov  
*nspiridonov@ukr.net*

Пугачевская Елена Владимировна / Elena V. Pugachevskaya

### Посилання на статтю / Reference a Journal Article:

Інтеллектуальний підбір комплектуючих для виробництва складних багатокомпонентних изделий [Електронний ресурс] / Н.А. Спиридонов // Економіка: реалії часу. Науковий журнал. – 2012. – № 2 (3). – С. 182-188. – Режим доступу до журн.: <http://www.economics.opu.ua/n3.html>