

УДК 519.8

**Л.В. Колесник¹, З.А. Имангулова², С.А. Вивденко³**¹ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, liudmyla.kolesnyk@nure.ua²ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, zulfia.imanhulova@nure.ua³ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, vivdenko_sergeri@ukr.net

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ЭКСТРАПОЛЯЦИИ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ СПРОСА НА РАСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Проведен анализ существующих систем управления запасами; анализ методов экстраполяции, в частности метода экспоненциального сглаживания для прогнозирования потребительского спроса; получили дальнейшее развитие математические модели Брауна-Майера и Тригга-Лича.

НОРМИРОВАНИЕ ЗАПАСОВ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ, СПРОС, ЭКСТРАПОЛЯЦИЯ, ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОЕ СГЛАЖИВАНИЕ, ВРЕМЕННОЙ РЯД, ПАРАМЕТР СГЛАЖИВАНИЯ, МОДЕЛЬ БРАУНА-МАЙЕРА, МОДЕЛЬ ТРИГГА-ЛИЧА

Введение

Современная полиграфия за последние годы достигла небывалого совершенства благодаря развитию цифровой, микропроцессорной, компьютерной техники и т.д. Кажется, что ей подвластно все. Но только в том случае, когда высококлассное полиграфическое оборудование может использовать в своей работе такие же высококачественные расходные материалы. Причем этих материалов для правильной работы требуется большое количество. Поэтому основной задачей является своевременное обеспечение производства необходимыми материалами (бумага, краски, покрытия и т.д.) и в нужном объеме.

Сегодня значение отрасли оптового распределения не вызывает никаких сомнений. Сущность этой сферы деятельности состоит в максимальном удовлетворении потребительского спроса в товарах, услугах и материалах в удобное для потребителя время, нужном ассортименте и необходимом количестве. Поэтому необходимо использовать новые методы и технологии, позволяющие оптимизировать все производственные и финансовые операции, снизить цены и улучшить обслуживание потребителей, например, потребителей в лице полиграфического производителя.

Основная роль для удовлетворения спроса отведена складским хозяйствам и дистрибьюторам. При этом они осуществляют свою деятельность в условиях постоянно меняющейся конъюнктуры рынка. Те из них, кто продолжает использовать в работе устаревшие методы, имеют весьма сомнительные шансы на существование в условиях обостренной конкуренции. Поэтому при разнообразии товаров успех деятельности дистрибьютора (складского хозяйства) находится в прямой зависимости от его умения прогнозировать потребительский спрос и оперативно вносить необходимые изменения в свои производственные операции.

1. Анализ существующих систем управления запасами

Управление запасами – это процесс прогнозирования, планирования, организации, контроля, анализа, регулирования уровня запасов материальных ресурсов и готовой продукции в логистической системе предприятия. Поскольку запасы – это инвестиции в активы производителей и торговых посредников, то уровень запасов и издержки на их хранение должны быть оптимальными и обеспечивать равномерную работу производственной, транспортной и складской систем. Процедура принятия решений по управлению запасами включает последовательное решение следующих проблем: планирование потребности в запасах на определенный период; определение общих затрат по управлению запасами за данный период; структуризация и контроль запасов; регулирование запасов; определение оптимального размера заказа и интервала времени между заказами; выбор оптимальной системы управления запасами.

Для планирования потребности в материальных ресурсах или готовой продукции применяются такие системы, как: MRP, MRP II, ERP, ERP II [1–3]. Эти системы имеют множество достоинств, но, к сожалению, они не обделены и недостатками, в частности:

– MRP-система требует большого объема подробной информации для необходимых вычислений; обладает низкой гибкостью, не позволяющей оперативно реагировать на внешние изменения; не учитывает ограничений по производственной мощности; это дорогостоящая система, требующая долговременного внедрения;

– MRP II-система обладает низкой гибкостью, не позволяющей оперативно реагировать на форс-мажорные обстоятельства; также дорогостоящая система;

– ERP-, ERP II-системы являются сложно адаптируемыми под существующий документооборот предприятия; обладают плохой совместимостью с предыдущими системами.

Поэтому возникает необходимость применения альтернативных способов управления запасами предприятия.

1.1. Обзор систем контроля за состоянием запасов

Управление запасами (УЗ), наряду с нормированием, предусматривает организацию контроля за их фактическим состоянием. Контроль за состоянием запасов – это изучение и регулирование уровня запасов с целью выявления отклонений от норм запасов и принятия оперативных мер к ликвидации отклонений. Необходимость контроля за состоянием запасов обусловлена повышением издержек в случае выхода фактического размера запаса за рамки, предусмотренные нормами запаса. Контроль за состоянием запаса может проводиться на основе данных учета запасов, переписей материальных ресурсов, инвентаризаций или по мере необходимости.

На практике применяются следующие методы контроля [4]:

– система с фиксированным интервалом времени между заказами (рис. 1): при этом период, через который предприятие направляет заказ поставщику, не меняется; в заранее определенное время просматривается остаток товаров на складе и предприятие проводит дозаказ товара до заранее определенной максимальной нормы;

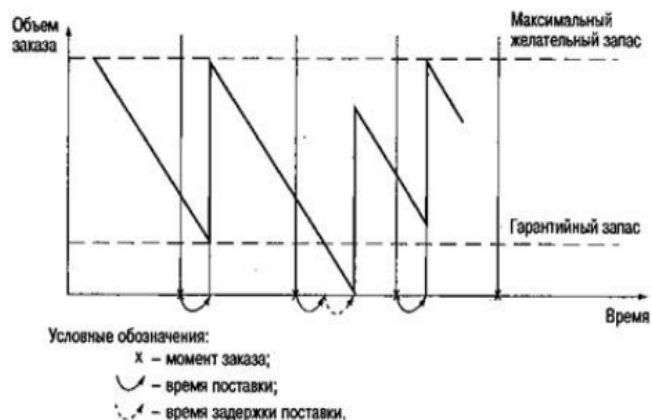


Рис. 1. Система контроля за состоянием запасов с фиксированным интервалом времени между заказами

– система с фиксированным размером заказа (рис. 2): при этом размер заказа – основополагающий параметр, который определяется в первую очередь; он строго зафиксирован и не меняется ни при каких условиях работы системы; заказ подается в момент, когда текущий запас достигает порогового уровня. Пороговый уровень запаса рассчитывается как объем запаса, который будет потреблен за время доставки с учетом сохранения страхового запаса (обеспечивает потребность на время максимально возможной

предполагаемой задержки поставки).

В описанных выше системах предусмотрен механизм адаптации к возможным возмущениям (дефицит материальных запасов, дефицит складских помещений).



Рис. 2. Система контроля за состоянием запасов с фиксированным размером заказа

Эти системы применимы когда: время исполнения заказа довольно продолжительно; поставки часто происходят с задержками; спрос испытывает существенные колебания; цены на заказываемые сырьё, материалы, полуфабрикаты и прочее сильно колеблются.

Различные сочетания звеньев основных систем УЗ вместе с добавлением принципиально новых идей приводит к возможности формирования большого количества других систем УЗ, отвечающих самым разнообразным требованиям [5]. В связи с этим, проанализировав особенности полиграфических предприятий, для которых условия поставки позволяют получать заказы различными по величине партиями; расходы по размещению заказа и доставке сравнительно невелики; потери от возможного дефицита сравнительно невелики, было принято решение для контроля за состоянием запасов использовать систему с фиксированным интервалом времени между заказами.

1.2. Анализ с методов экстраполяции при прогнозировании потребительского спроса

При определении норм запасов используют три группы методов: эвристические, методы технико-экономических расчетов и экономико-математические методы. Для полиграфических предприятий предлагается использовать экономико-математические методы, которые позволяют определять норму запаса на основе построенных математических моделей управления запасами и/или с помощью методов экстраполяции прогнозировать будущий запас на основе темпов изменения и тенденций в образовании запасов в предыдущем периоде.

Эффективность работы систем управления запасами во многом зависит от того, насколько точно будет

предсказан спрос на ресурс и, следовательно, насколько правильно будет проведено нормирование. Это является довольно сложной задачей, и степень математической сложности задачи увеличивается в зависимости от вида потребительского спроса (рис. 3) [6].

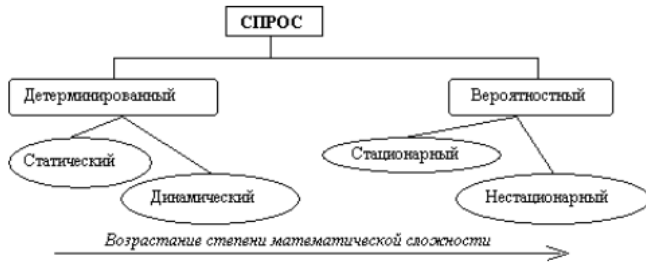


Рис. 3. Классификация типов спроса

Проанализировав типы спроса и особенности производства полиграфических товаров, было выявлено, что спрос на товары или продукцию чаще всего представляет собой случайный процесс, который может быть описан следующими методами математической статистики [7].

Скользкая средняя. При этом используются средние показатели продаж за последние периоды. Этот показатель характеризует сравнительная простота вычислений. Однако у него есть ограничения, такие как: нечувствительность к изменениям и значительным колебаниям объемов продаж; для составления прогнозов на его основе нужно хранить и обновлять большие массивы данных; учет только базового элемента прогноза.

Метод экспоненциального сглаживания (МЭС). При использовании данного метода оценка будущего объема продаж основывается на средневзвешенной величине продаж за предыдущий период и на прогнозных значениях спроса. Новый прогноз равен старому прогнозу, измененному на некую долю разности между значением старого прогноза и фактическим объемом продаж за последний период. При использовании МЭС самым ответственным решением является выбор значения альфа-фактора (α). Если $\alpha=1$, то объем продаж за последний прошедший период будет соответствовать прогнозу на будущий период. Если $\alpha=0,01$ – МЭС вырождается в метод скользящей средней, с присущими ему недостатками. Однако метод не делает различий между сезонными и случайными колебаниями, а в силу этого не устраняет потребности в экспертных оценках. Поэтому, выбирая значение α , прогнозист вынужден находить компромисс между полным отсечением случайных колебаний и высокой чувствительностью прогноза к изменениям спроса.

Метод расширенного сглаживания является разновидностью МЭС с учетом тенденций и сезонного фактора, которые задаются тремя элементами и тремя константами, представляющими базовый спрос, временную тенденцию и сезонный фактор. Метод

позволяет быстро рассчитать прогнозные значения при минимальном запасе данных. Как недостаток данного метода следует отметить чрезмерную чувствительностью к корректному выбору инструментов для придания правильных весов разным элементам прогноза, что может снизить точность прогнозов.

Метод адаптивного сглаживания (МАС), в отличие от метода экспоненциального сглаживания предполагает постоянный пересмотр выбранных значений весовых коэффициентов α . Коэффициент пересматривают по завершении каждого прогнозного периода и определяют то его значение, при котором прогноз был бы безошибочным. Таким образом, субъективная оценка прогнозистов отчасти заменяется систематической и последовательной корректировкой значений α . Таким образом, МАС обладает свойством самокоррекции, то есть динамической адаптации собственной чувствительности под текущую ситуацию. Однако метод склонен к чрезмерным реакциям, когда случайная погрешность воспринимается как проявление тенденции или сезонного фактора [7].

В результате проведенного анализа методов статистики для прогнозирования было выявлено, что при прогнозировании спроса на полиграфическую продукцию наиболее эффективно использовать комбинации вышеперечисленных методов, а именно – МЭС (метод Брауна-Майера [8]) в комбинации с МАС (метод Тригга-Лича [8]).

2. Постановка задачи исследования

Необходимо разработать программное средство (ПС), которое позволит решить задачу прогнозирования потребительского спроса, а также на основе динамической системы управления запасами рассчитать размер заказа на ожидаемый период и сформировать план закупок расходных материалов для полиграфического предприятия. При этом, с учетом проведенного анализа, при разработке ПС необходимо использовать метод экспоненциального сглаживания (модель Брауна-Майера и модель Тригга-Лича), а также выбранную систему контроля за состоянием запасов.

3. Разработка метода экспоненциального сглаживания

Как было сказано выше, при использовании метода экспоненциального сглаживания самым важным является выбор значения альфа-фактора (α). Неверный выбор этого показателя может приводить модель прогнозирования в состояние неадекватности реальному процессу. Для скорейшего обнаружения неадекватности модели реальному процессу, что необходимо для внесения соответствующих изменений в модель прогнозирования, Р. Браун разработал способ анализа прогнозирующей системы, состоящий в подсчете величины следящего контрольного сигнала.

Следящий контрольный сигнал K_t определяется

как сумма ошибок прогнозирования делённая на величину их сглаженного абсолютного значения.

Недостатки такого приёма:

– в случае, когда контрольный сигнал вышел за установленные пределы, он не обязательно вернётся в эти же пределы;

– контрольный сигнал выйдет из указанных пределов, а система начнёт давать более точные прогнозы.

Д. Тригг предложил простую модификацию правила Брауна, преодолевающую эти недостатки. Вместо суммы ошибок он использовал сглаженную ошибку. Д. Тригг и А. Лич показали возможность использовать скользящий контрольный сигнал для автоматического регулирования параметра адаптации модели, посредством изменения скорости реакции в зависимости от величины контрольного сигнала [9].

В простейшей модели это эквивалентно регулированию α . Наиболее очевидный способ заставить систему автоматически реагировать на расхождение прогнозов и фактических данных – это увеличение α с тем, чтобы придать больший вес свежим данным и, таким образом, обеспечить более быстрое приспособление модели к новой ситуации. Как только система приспособилась, необходимо опять уменьшить величину α для фильтрации шума. Простой способ достижения такой адаптивной скорости реакции состоит в выборе

$$\alpha_t = |K_t|.$$

Предлагается руководствоваться следующими правилами при регулировании параметра сглаживания в модели с адаптивным параметром адаптации:

Правило №1: Первое значение следящего контрольного сигнала имеет смысл рассчитывать только в том случае, когда посчитанная ошибка между полученным прогнозным значением и исходной величиной является отрицательной.

Правило №2: Перерасчет параметра сглаживания на каждой итерации ухудшает прогноз, делая его неустойчивым, потому что эти расчеты зависят от значений сглаженной ошибки и величины сглаженного абсолютного значения ошибок прогнозирования, разница между которыми не должна превышать 6%.

Правило №3: пересчитывать параметр сглаживания в случае, когда

$$K_t > 0.8, K, 0.94.$$

На рис. 4 приведено сравнение реакций на изменение уровня исходного временного ряда (окружность) модели Брауна-Майера (треугольник) и Тригга-Лича (квадрат).

На рис. 5 приведено сравнение реакций на изменение уровня исходного временного ряда модели Брауна-Майера (треугольник) и Тригга-Лича (квадрат) при пересчете параметра сглаживания, в случае, когда

$$K_t > 0.8, K, 0.94.$$

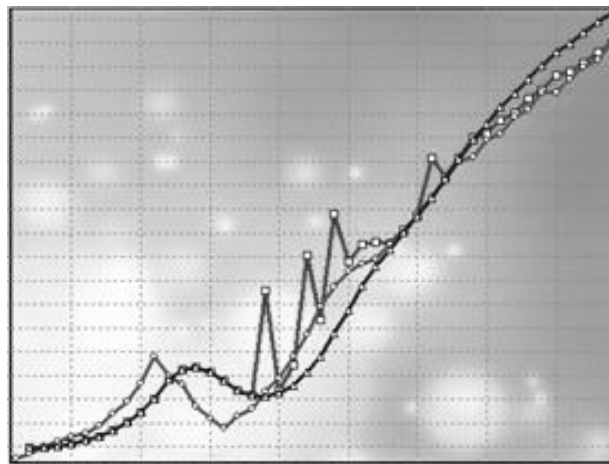


Рис. 4. Пересчет параметра сглаживания независимо от K_t

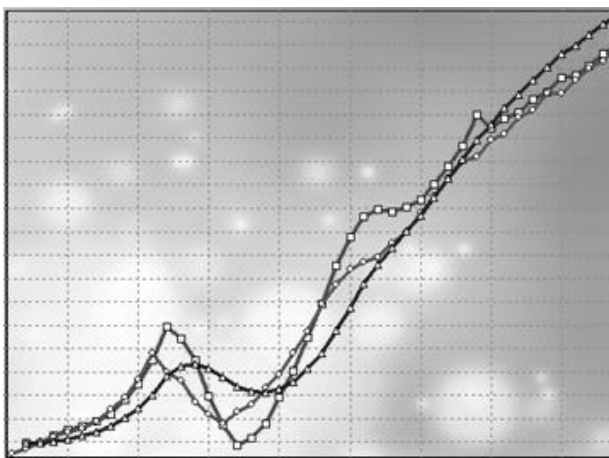


Рис. 5. Пересчет параметра сглаживания при $K_t > 0.8, K, 0.94$

Выводы

С учетом сформулированных правил №1–3, поведение рассматриваемых прогнозных моделей в разных ситуациях будет выглядеть следующим образом: с учетом одиночных спадающих всплесков (рис. 6) и одиночных нарастающих всплесков (рис. 7), а также моделей с учетом постоянных всплесков (рис. 8).

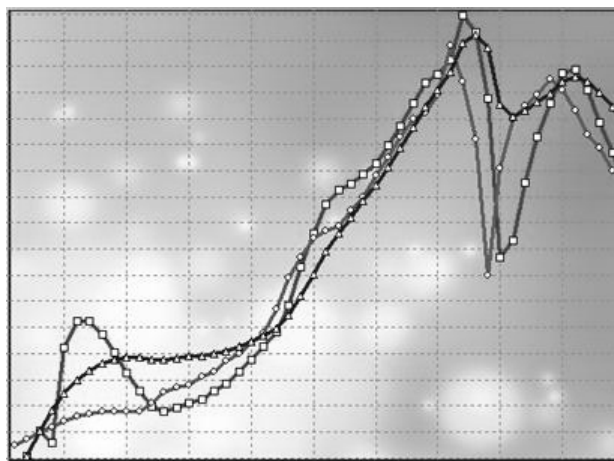


Рис. 6. Изменение ряда со спадающим одиночным всплеском

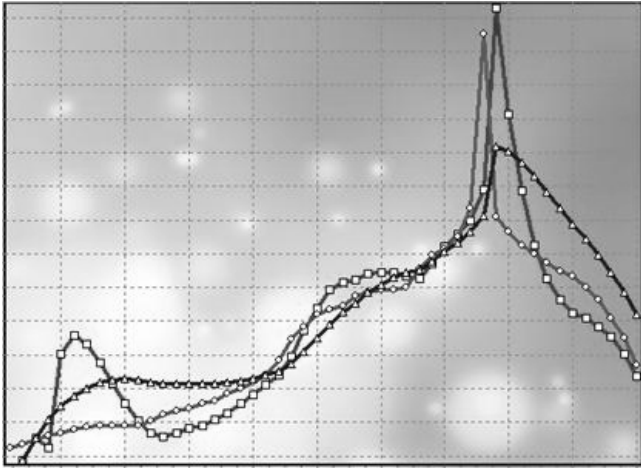


Рис. 7. Изменение ряда с нарастающим одиночным всплеском

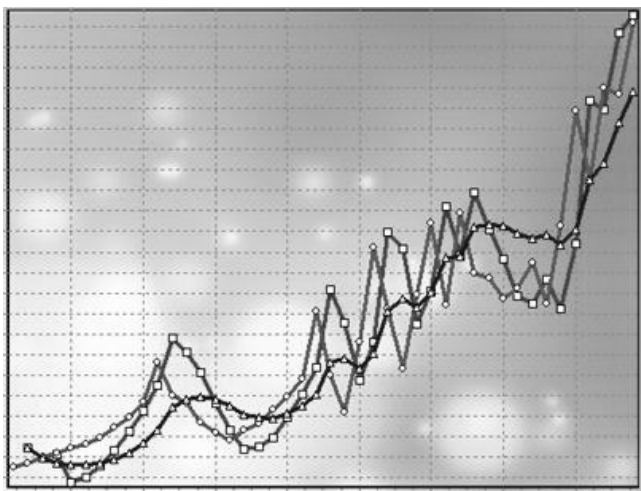


Рис. 8. Изменение уровня ряда с постоянными всплесками

В табл. 1 представлены средние погрешности в расхождении исходного ряда и описывающих его прогнозных моделей Брауна-Майера (Б-М) и Тригга-Лича (Т-Л) при различной длине временного ряда.

Таблица 1

Суммарные ошибки прогнозных моделей

Длина ряда, ед. вр.	Средняя погрешность (Б-М), ед. тов.	Средняя погрешность (Т-Л), ед. тов.	Вид аппроксимации
30	23,6	16,8	Линейная
40	48,6	35,2	Квадратичная
50	25,6	14,4	Линейная
60	25,1	21,8	Квадратичная
70	25,9	20,0	Квадратичная

Из табл. 1 следует, что при любой длине временного ряда модель Тригга-Лича позволила построить прогноз с меньшей средней ошибкой чем модель Брауна-Майера. Также из рис. 6 – 8 видно, модель Тригга-Лича «лучше» реагирует на всплески потребительского спроса, поэтому рекомендуется проводить расчёт объема заказываемой партии расходных материалов именно на основе этой модели, что позволит минимизировать

издержки на хранение материалов, а также свести к минимуму вероятность дефицита определённого материала на полиграфическом предприятии.

Список литературы: 1. Козловский, В.А. Производственный менеджмент / В.А. Козловский. – М.: Инфра-М, 2003. – 574 с. 2. Гаврилов, Д.А. Управление производством на базе стандарта MRP II / Д.А. Гаврилов. – СПб.: Питер, 2005. – 416 с. 3. О'Лири Дэниел. ERP системы. Современное планирование и управление ресурсами предприятия. Выбор, внедрение, эксплуатация / О'Лири Дэниел. – М.: ООО «Вершина», 2004. – 272 с. 4. Гаджинский, А.М. Логистика / А.М. Гаджинский. – М.: ИВЦ «Маркетинг», 1999. – 228 с. 5. Плоткин, Б.К. Экономико-математические методы и модели в логистике: учеб.пос. / Б.К. Плоткин, Л.А. Делюкин. – СПб.: СПбГУЭФ, 2010. – 96 с. 6. Морозова, Т.Г. Прогнозирование и планирование в условиях рынка / Т.Г. Морозовой, А.В. Пикулькина. – М.: ЮНИТИ–ДАНА, 2000. – 614 с. 7. Рябушкин, Б.Т. Применение статистических методов в экономическом анализе и прогнозировании / Б.Т. Рябушкин. – М.: Финансы и статистика, 1987. – 75 с. 8. Колесник, Л.В. Прогнозирование потребительского спроса с использованием метода экстраполяции временных рядов / Л.В. Колесник, С.А. Вивденко // 4-я Международная научно-техническая конференция «Информационные системы и технологии»: 21-27 сентября 2015 г. – Харьков: НТМТ, 2015. – С. 167–168. 9. Лукашин, Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов / Ю.П. Лукашин. – М.: «Финансы и статистика», 2003. – 416 с.

Поступила в редколлегию 20.04.2016

УДК 519.8

Дослідження методів екстраполяції при прогнозуванні споживного попиту на витратні матеріали для поліграфічного підприємства / Л.В. Колесник, З.А. Імангулова, С.О. Вівденко // Біоніка інтелекту: научн.-техн. журнал. 2016. – № 1(86). – С.21-25.

В статті здійснений аналіз методу експоненціального згладжування, зокрема моделі Брауна-Майєра та Тригга-Ліча. Для моделі Тригга-Ліча сформульовані правила при регулюванні параметра згладжування в моделі з адаптивним параметром адаптації, що дозволить мінімізувати витрати на зберігання матеріалів, а також звести до мінімуму ймовірність дефіциту певного матеріалу на поліграфічному підприємстві.

Табл. 1. Лл. 8. Бібліогр.: 9 найм.

UDC 519.8

A research of extrapolation methods in consumer demand forecasting for the printing enterprises is proposed in the article / L.V. Kolesnyk, Z.A. Imanhulova, S.A. Vivdenko // Bionica Intellecta: Sci. Mag., 2016. – № 1(86). – P. 21-25.

The article presents the analysis of exponential smoothing method in particular Brown-Mayer and Trigg-Leach models. For model of Trigg-Leach the rules for regulation of the smoothing parameter in the model with adaptive adaptation parameter were formulated. The use of the Trigg-Leach model will minimize the cost of materials storing and the likelihood of a shortage of particular material in the printing company.

Tab. 2. Fig. 8. Ref.: 9 items.