

МОДЕЛИРОВАНИЕ АДАПТИВНОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СКЛАДА

Курочкина А.А.¹, Бикезина Т.В.¹, Сергеев С.М.²

¹ – Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия, kurochkinaanna@yandex.ru

² – Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Изучен гибко перестраиваемый склад с различными степенями перегруппировки для стохастического товарного потока, существующего в гибкой производственной системе.

Ключевые слова: модель, автоматизация, анализ, склад

Внедрение интерактивных цифровых технологий обеспечило широкое применение гибких производственных систем (FMS). Это позволяет обобщать их составные элементы для придания им формы [1], в которой автоматический склад (AW) является одним из важнейших элементов, в значительной степени определяющих показатели всего производства. Согласно информации, предоставленной производственными компаниями, средняя фабрика использует до 40% промышленных площадей для складских помещений имеющих высокую стоимость, в то время как их объемное пространство используется очень мало [2]. Хотя проблема повышения гибкости базового оборудования FMS решается в целом как разработкой программного обеспечения, так и большим разнообразием инструментов и приспособлений для обработки, в настоящее время для автоматических складов в основном совершенствуются алгоритмы работы робота - штабелера, имеющие определенный предел, обусловленный жестко определенной структурой подавляющего большинства [3] конструкций AW. Поскольку все товары, поступающие в AW, имеют цифровую маркировку (штрих-код, QR-коды, RFID), что позволяет осуществлять межмашинное взаимодействие (M2M), информация о размерах и весе товаров доступна для сервера управления складом.

Чтобы повысить степень гибкости [4] автоматических складов и сделать ее более релевантной другим элементам FMS, необходимо обеспечить возможность гибкой перестройки ее конструкции для соответствия параметрам товаров, подлежащих хранению. Исследования и анализ современных складов доказывают, что в настоящее время, принимая во внимание технические возможности, наиболее рациональным решением является реализация автоматических складов с ячейками перестраиваемых размеров. Для эффективного развития таких систем необходимо разработать методы расчета их основных показателей [5] с учетом основных особенностей работы как компонента FMS [6].

Автоматизированные склады, спроектированные и эксплуатируемые в настоящее время, представляют собой систему многоячейстых стеллажей, обслуживаемых роботом-штабелером, размеры ячеек определяются во время проектирования и не изменяются после строительства склада. Объем V товаров, хранящихся на складе, является переменным, а пределы диапазона его изменения обусловлены производительностью оборудования, используемого в ФМС и вспомогательных объектах (транспорт, роботы и т. п.), известны заранее, что может быть выражено отношением $V_{\min} < V < V_{\max}$.

Кроме того, объемы товаров в потоке поставок на такие склады имеют стохастические значения, которые могут характеризоваться плотностью распределения, на которую также влияют такие основные факторы, как ориентация производства, используемое оборудование а также производственная программа. Алгоритмы управления, реализованные для производственной программы, являются тем конкретным рычагом, который можно использовать для воздействия на индексы FMS в целом и работу автоматического склада в частности.

Пусть n - количество единиц товаров в ячейке в зависимости от объема V (характеристика D_1); другая характеристика D_2 , соответствующая идеальному варианту размещения, включающая различные объемы товаров на складе, в то время как любая характеристика размещения на жестком складе всегда будет ниже D_2 . Для оценки показателей автоматического склада использовались данные о распределении объемов в товарном потоке. Если предположить, что $V_1 = V_{\max}$, $V_2 \dots V_p = V_{\min}$ это ступени на характеристической кривой размещения D_1 , то C_N - количество ячеек, необходимое для размещения единиц товара, будет рассчитано по формуле:

$C_N = \sum_{i=1}^{p-1} \text{entier} \left(\frac{N}{i} \int_{V_{i-1}}^{V_i} P_V(V) dV \right)$. Для оптимальной расстановки товаров существуют

следующие значения: $C_N = \text{entier} \left(\frac{N}{n^*} \int_{V_{\min}}^{V_{\max}/n^*} P_V(V) dV \right) + \sum_{i=1}^{n^*-1} \text{entier} \left(\frac{N}{i} \int_{\frac{V_{\max}}{i+1}}^{\frac{V_{\max}}{i}} P_V(V) dV \right)$.

Очевидно, что $C_N \geq \bar{C}_N$. На основании полученных значений можно определить наиболее важный параметр склада, то есть коэффициент использования объема, который численно равен значению отношения занятого объема ячеек, где складываются товары, к их общему количеству и обозначается как K_V . Принимая это во внимание, для жесткого складирования (индекс "r") имеем: $V_{\max} K_V^{(r)} = V_N / C_N V_{\max}$,

где $V_N = N \int_{V_{\min}}^{V_{\max}} P_V(V) dV$ - собственно количество N товаров на складе, а при оценке

значения $K_V^{(r)}$ необходимо использовать соотношение: $K_V^{(r)} \leq \bar{K}_V^{(r)}$, где $\bar{K}_V^{(r)} = V_N / \bar{C}_N V_{\max}$. Следует отметить, что K_V зависит от $P_V(V)$, V_{\min} , V_{\max} , n^* , кроме того, оно зависит в определенной степени от N , однако при больших значениях N его влияние настолько незначительно, что им можно пренебречь в большинстве случаев. Кроме того, с обычно используемым нормализованным распределением влияние оказывает только значение отношения $q = V_{\max} / V_{\min}$.

Литература

1. Сергеев С.М. Моделирование клиентских потоков в узле ритейлера // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2012. №3 (149). с. 129-133.
2. Сергеев С.М. К вопросу моделирования рыночных стратегий при неполной информации // Современные методы прикладной математики, теории управления и компьютерных технологий (ПМТУКТ-2015) Сборник трудов VIII Международной конференции. 2015. с. 326-328.

3. Sergeev S.M. Expansion of DEA methodology on the multimodal conception for the 3PL // В сборнике: Modern informatization problems in simulation and social technologies Proceedings of the XXIII-th International Open Science Conference. Editor in Chief O.Ja. Kravets. 2018. С. 169-176.
4. Курочкина А.А., Сергеев С.М. Моделирование и оптимизация расчета омниканального взаимодействия в гостиничной индустрии // Проблемы современной экономики. 2018. № 1 (65). С. 170-173.
5. Курочкина А.А., Лукина О.В., Сергеев С.М. Планирование ресурсной загрузки самых посещаемых мегаполисов мира // Наука и бизнес: пути развития. 2018. № 3 (81). С. 123-127.
6. Курочкина А.А., Сергеев С.М. Социально-экономическое моделирование ресурсной загрузки мегаполисов // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2018. № 4 (112). С. 98-105.

MODELING OF ADAPTIVE AUTOMATED WAREHOUSE

Kurochkina A.A.¹, Bikezina T.V.¹, Sergeev S.M.²

¹ – *Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, kurochkinaanna@yandex.ru*

² – *Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia*

Abstract. The article is devoted to the results of the study of flexible warehouse with different degrees of rearrangement for the stochastic flow of goods existing in a flexible production system.

Key words: model, automation, analysis, warehouse