

Информатика, вычислительная техника и управление

УДК 629.07

DOI: 10.30987/article_5db95e85e569b8.29571093

А.Г. Магдин, А.Д. Припадчев, А.А. Горбунов

АЛГОРИТМ ЦЕЛЕВОГО ВЫБОРА ВОЗДУШНОГО СУДНА

Разработан алгоритм целевого выбора воздушного судна. Теоретические исследования выполнены с применением методов системного анализа, теории моделирования, математических методов, методов объектно-ориентированного программирования. Разработанный алгоритм исполь-

зован применительно к выбору сельскохозяйственного воздушного судна для распределения химических веществ в зависимости от размеров сельскохозяйственных участков и ландшафта.

Ключевые слова: алгоритм, целевой выбор, воздушное судно, минимизация затрат.

A.G. Magdin, A.D. Pripadchev, A.A. Gorbunov

ALGORITHM OF AIRCRAFT TARGET CHOICE

The work purpose consists in the algorithm development for aircraft target choice. The investigations were carried out with the use of methods of a system analysis, a theory of modeling, mathematical methods, methods of object-directed programming.

In farms when agricultural area processing it is advisable to use an aircraft. A choice is argued by aircraft advantages over the ground-based means of agricultural area processing which consist in mobility and a processing speed and also in the absence of mechanical impact upon the growth of the area under processing. In the paper there is offered a procedure for a choice of an aircraft type for processing different agricultural area on the criterion of minimum costs. An investigation novelty consists in the use of the algorithm devel-

oped with reference to the choice of agricultural aircraft for chemical agent distribution depending on agricultural area dimensions and a landscape.

Conclusion: the developed algorithm for a target choice of an aircraft allows carrying out a complex analysis both of aircrafts (characters, engineering and flight characteristics) on the basis of costs minimum for an agricultural area processing, and a geometry (dimensions and configuration) of the areas to be subjected to processing. In the paper as an example there is carried out a choice of an aircraft for processing a set of areas with specified dimensions.

Key words: algorithm, target choice, aircraft, costs minimization.

Введение

Кризис экономики в современном мире привёл к нехватке объемов сельскохозяйственного производства. В итоге уменьшилась степень продовольственной, а как следствие, и экономической безопасности страны. Более качественное производство возможно при применении прогрессивных технологий, которые подразумевают применение высокопроизводительной техники, соблюдающих все агротехнические требования при производстве основных операционных технологий. В настоящее время интенсивно используется обработка сельскохозяйственных участков с помощью авиационной техники [1]. Целью обработки является борьба с вредителями сельскохозяйственных культур или

подкормка различными видами удобрений, а также авиаразведка очагов пожаров и возгораний. Основными преимуществами использования авиационной техники перед наземными средствами обработки [3] являются скорость проведения операций, возможность работы на труднодоступных участках, а также отсутствие механического повреждения растительного покрова обрабатываемого участка. С учетом высокой стоимости применения авиационной техники важным является выбор типа воздушного судна для обработки полей различных геометрических размеров и конфигураций по критерию минимальных затрат на его использование [6; 8].

Методы исследования

Задача заключается в том, чтобы определить наиболее эффективный тип воздушного судна. Необходимо учесть, что на выбор рациональных вариантов оказывает влияние большое количество факторов, значит, следует определить их оптимальное количество, обеспечивающее выполнение объемов авиационных работ в установленные сроки, а также определить для каждого типа воздушного судна наиболее рациональное распределение по работам. Учитывая ландшафт [2], рассмотрим индивидуально взятое фермерское хозяйство, которое имеет m участков, подлежащих обработке химическими веществами. Каждый из этих участков имеет длину l_i (м) и ширину B_i (м), где i принимает значения от 1 до m . Если i -й участок имеет форму трапеции, то за протяжённость l_i принимается средняя длина по ширине участка. При этом площадь каждого участка $F_i = l_i * B_i$ (м²).

Сведения по фермерским хозяйствам обеспечивают реализацию задач по запросу нужных данных о выполнении работ для пользователя и находятся под управлением специализированного программного средства - системы управления базами данных [4]. Применение баз данных в фермерских хозяйствах позволяет:

- легко наращивать функции системы, используя ядро данных;
- моделировать функции управления в технологии производства при авиационном внесении химических веществ;
- выполнять анализ различных факторов, влияющих на проведение сельскохозяйственных работ;
- повысить эффективность хранимых данных за счет универсальности, согласованности и неделимости, проверки достоверности поступающей информации;
- удалить в прикладных программах роль непосредственного регулирования данных на компьютерных носителях и расширить функции логики обработки информации;
- типизировать основной процесс работы с информацией (ввод и редактирование данных, поиск и извлечение данных, формирование отчетов);

- снизить трудозатраты персонала по ведению учета и уменьшить расход вычислительных ресурсов.

Для авиационной обработки участков существует вероятность эксплуатировать один из n типов воздушного судна, имеющих среднюю скорость v_i (м/ч), ширину захвата, изменяемую в пределах от b_{jmax} до b_{jmin} (м), и время разворота t_{pj} (ч). Известна стоимость одного часа лётного времени каждого воздушного судна s_i (руб./ч), j принимает значения от 1 до n . Требуется определить тип оптимального по критерию минимума затрат воздушного судна для обработки каждого участка и всего набора участков при условии, что все участки будут обрабатываться одним и тем же типом воздушного судна.

Расчёт осуществляется по следующему алгоритму.

Округляя до большего целого частного от деления B_i на b_{jmax} , находят количество пролётов j -го воздушного судна над i -м обрабатываемым участком N_{ij} .

Для исключения повторной обработки части участка изменяется ширина захвата j -го воздушного судна при обработке им i -го участка:

$$b_{ij} = b_{jmax} - \Delta N_{ij} / N_{ij},$$

где ΔN_{ij} - дробная часть частного от деления B_i на b_{jmax} .

Тогда

$$L_{ij} = l_i N_{ij},$$

где L_{ij} - суммарный налёт j -го воздушного судна при обработке им i -го участка, м.

При этом количество часов, затраченное на обработку i -го участка j -м воздушным судном,

$$t_{ij} = t_{pj} N_{ij} + L_{ij} / v_i,$$

а стоимость обработки i -го участка j -м воздушным судном

$$S_{ij} = s_i t_{ij} \text{ (руб.)}.$$

То воздушное судно, для которого стоимость S_{ij} минимальна (обозначим её символом S_{ij}^{min}), и будет являться наиболее

лее выгодным в стоимостном отношении для обработки i -го участка.

В случае использования одного воздушного судна для обработки всего набора участков, имеющих в хозяйстве, стоимость обработки j -м воздушным судном всего набора участков

$$S_j = \sum_{i=1}^n S_{ij}.$$

Оптимальным для применения будет j -е воздушное судно, стоимость обработки которым всего набора участков имеет минимальное значение.

Стоимость обработки всего набора участков при обработке каждого из них оптимальным воздушным судном

$$S_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n S_{ij}^{min}.$$

Выбор варианта обработки всех участков воздушным судном одного типа или набором летательных аппаратов, каждый из которых оптимален для данного участка, делается в пользу минимальной из стоимостей S_i и S_{Σ} .

Алгоритм расчёта стоимости обработки участка и выбора оптимального воздушного судна приведен на рис. 1.

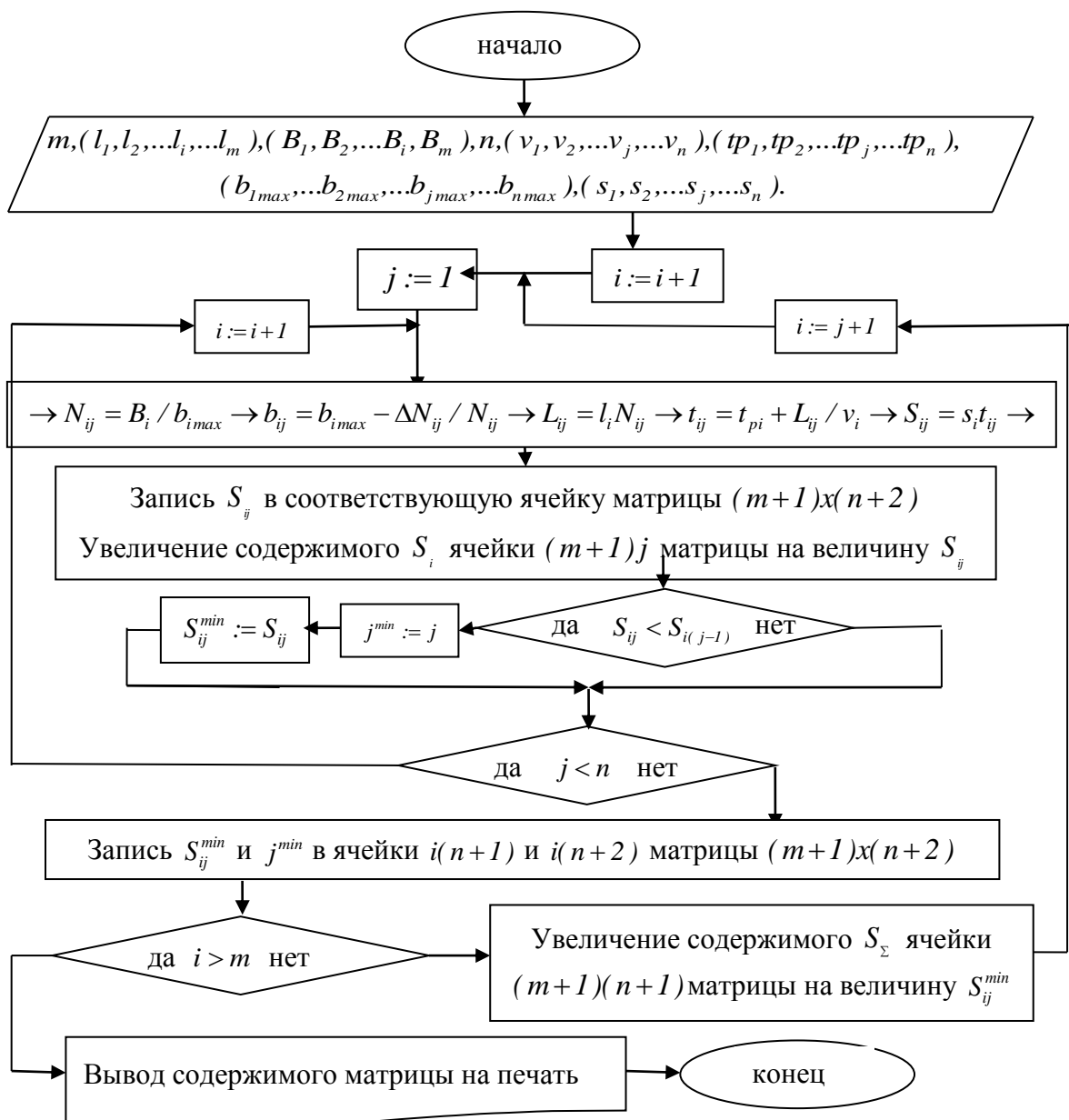


Рис. 1. Алгоритм расчёта стоимости обработки участков и выбора воздушного судна, оптимального по критерию минимума затрат

Результаты исследования

В соответствии с изложенной методикой и алгоритмом расчёта затрат в качестве примера произведём выбор типа воздушного судна из перечня, представленного в табл. 1 [5; 7; 9; 10], по минимуму затрат на обработку всех участков и каждого участка в отдельности (параметры указаны в табл. 2).

Результаты расчётов стоимости обработки каждого из участков каждым из

воздушных судов (табл. 1) приведены в табл. 3.

Наиболее выгодным для обработки 1-го участка является воздушное судно типа МИ-2 ($S_{15}=5430$ руб.), а для обработки остальных участков - СУ38. Анализ затрат на обработку 1-го, 2-го, 3-го и 4-го полей каждым из воздушных судов легче всего осуществить, воспользовавшись диаграммами, представленными на рис. 2.

Таблица 1

Тактико-технические данные воздушных судов

j	1	2	3	4	5	6
ВС	АН-2	СУ38	Т-115	Ка226	МИ-2	Р44
v , км/ч	150	140	145	50	40	45
s , п/ч	38000	22500	30000	35000	24500	22000
t_p , мин	1,5	1,3	1,4	1,1	1,3	8
b_{max} , м	31	20	17	39	40	25

Таблица 2

Параметры участков

i	B , м	L_{cp} , м
1	250	400
2	750	2000
3	2000	2500
4	2500	3600

Таблица 3

Стоимость обработки участков каждым из типов воздушных судов

j	1	2	3	4	5	6	-	j_{min}
Тип ВС	АН-2	СУ38	Т-115	Ка-226	МИ-2	Р44	-	-
i	S_{i1} , руб.	S_{i2} , руб.	S_{i3} , руб.	S_{i4} , руб.	S_{i5} , руб.	S_{i6} , руб.	S_{ij}^{min} , руб.	-
1	9462	7173	11741	6451	5430	31288	5430	5
2	36416	30739	50120	40833	33360	117333	30739	2
3	102916	88928	143634	124366	103104	332444	88928	2
4	150822	133258	213834	205508	172357	469333	133258	2
S_j , руб.	299617	260100	419331	377160	314253	950400	258357	-
-	-	$S_j^{min} \uparrow$	-	-	-	-	$S_{\Sigma} \uparrow$	-

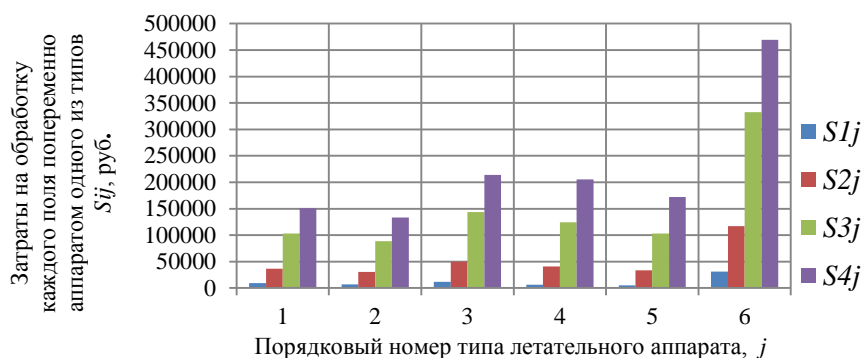


Рис. 2. Затраты на обработку каждого из участков попеременно каждым из имеющихся воздушных судов

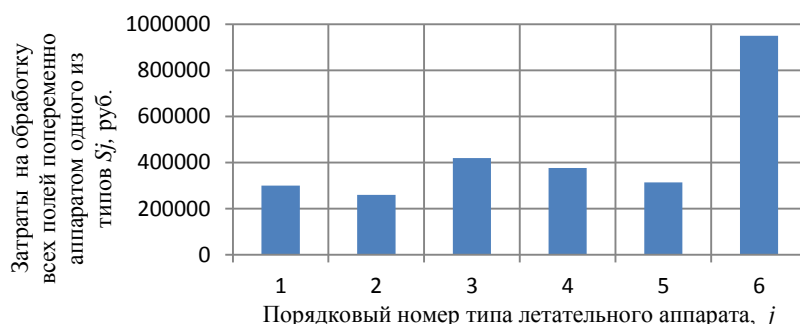


Рис. 3. Затраты на обработку всех участков попеременно каждым из имеющихся воздушных судов

Анализ данных, приведенных на рис. 2 и 3, позволяет решить вопрос выбора воздушного судна для обработки сельскохозяйственных участков. Выбранные по минимуму затрат для каждого участка воздушные суда могут быть различного типа, но для всех участков целесообразно заказать одно воздушное судно. Необходимо учитывать, будут ли оправданы потери от

такого упрощения. В нашем примере (табл. 3) минимум затрат при обработке полей оптимальным для каждого поля аппаратом S_{Σ} составляет 258357 руб., а при обработке одним летательным аппаратом $S_j^{min}=260100$ руб. Экономически выгодно использовать одно воздушное судно, если затраты на перелёт к месту проведения работ и обратно не превысят 9743 руб.

Вывод

Разработанный алгоритм целевого выбора воздушного судна позволяет осуществить комплексный анализ как воздушных судов (характерные особенности, технические и лётные характеристики), из

расчёта минимума затрат на обработку сельскохозяйственного участка, так и геометрии (размеры и конфигурация) подлежащих обработке участков.

Заключение

В статье показано, что алгоритм выбора воздушного судна зависит от индивидуально взятого фермерского хозяйства с набором участков со своим индивидуальным ландшафтом, размерами и конфигурацией на разном удалении друг от друга. Выбор воздушного судна является наиболее оптимальным для каждого конкретного набора участков и осуществляется по

критерию минимальных затрат на проведение работ, эксплуатацию и обслуживание воздушного судна. В алгоритме выбора воздушного судна рассматриваются летательные аппараты, специально предназначенные для проведения сельскохозяйственных работ, и учитываются все лётно-технические и технико-экономические показатели воздушных судов, что обеспечи-

вает более рациональное их использование.

Предложенная методика и алгоритм выбора оптимального по минимуму затрат воздушного судна позволяют посредством разработанной на этой основе программы решить вопрос автоматизированного выбора оптимального воздушного судна для обработки имеющегося набора участков. Оптимальными по затратам для каждого участка могут быть воздушные суда различного типа, но целесообразно для всех участков заказать воздушное судно одного

и того же типа. Расчет обоснования целесообразности авиационного внесения химических веществ показал более высокую эффективность производства, что отражается в стоимости обработки поля, которая ниже по сравнению с наземной за счет высокой рабочей скорости и производительности. Это позволяет в короткие сроки отслеживать количество вредителей, а во время снеготаяния выполнять обработку ранних культур, что наземной техникой осуществлять не целесообразно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авиационно-химические работы: реф. сб. науч. тр. ГосНИИ ГА. – М.: ГосНИИ ГА, 1974. – Вып. 6. – 210 с.
2. Арманд, Д.Л. Наука о ландшафтах / Д.Л. Арманд. – М.: Мысль, 1975. – 386 с.
3. Зонов, Б.Д. Машины для внесения минеральных удобрений и химических средств защиты растений: настройка и регулировка / Б.Д. Зонов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 40 с.
4. Компьютеризация сельскохозяйственного производства / В.Т. Сергованцев, Е.А. Воронин, Т.И. Воловник, Н.Л. Катасонова. – М.: Колос, 2001. – 272 с.
5. Методика планирования авиационных работ в народном хозяйстве / Министерство гражданской авиации. – М.: Воздушный транспорт, 1989. – 75 с.
6. Припадчев, А.Д. Разработка метода выбора рационального сельскохозяйственного летательного аппарата для распределения химических веществ / А.Г. Магдин, А.Д. Припадчев // Сельский механизатор. – 2017. – № 2. – С. 12-13.
7. Указания по технологии авиационно-химических работ в сельском и лесном хозяйстве // Министерство гражданской авиации. – М.: Воздушный транспорт, 1982. – 120 с.
8. Усик, В.В. Моделирование эффективного использования летательных аппаратов в сельском хозяйстве (на примере Оренбургской области): автореф. дис. ... канд. экон. наук / В.В. Усик. – Ижевск, 2012. – 21 с.
9. Рекомендации по эффективному применению вертолетов КА-126 сельскохозяйственной модификации на авиационно-химических работах / Р.Т. Абдрашитов, Л.П. Карташов, А.П. Локтионов, Н.З. Султанов. – Оренбург: ОГАУ, 1997. – 48 с.
10. Руководство по авиационно-химическим работам гражданской авиации / Министерство гражданской авиации. – М.: Воздушный транспорт, 1984. – 63 с.
1. *Aerial-chemical Works: proceedings of State RI CA, 1974. – Issue 6. – pp. 210.*
2. Armand, D.L. *Science of Landscapes* / D.L. Armand. – М.: Thought, 1975. – pp. 386.
3. Zonov, B.D. *Transport for Fertilizing and Chemical Products for Plant Protection: Setting and Adjustment* / B.D. Zonov. – М.: Agropromizdat, 1989. – pp. 40.
4. *Computer Application in Agricultural Production* / V.T. Sergovantsev, E.A. Voronin, T.I. Volovnik, N.L. Katasonova. – М.: Ear, 2001. – pp. 272.
5. Procedure for aerial work planning in national economy / *Ministry of Civil Aviation*. – М.: Air Transport, 1989. – pp. 75.
6. Pripadchev, A.D. Method development for a choice of efficient agricultural aircraft for chemical products distribution / A.G. Magdin, A.D. Pripadchev // *Agricultural Mechanic*. – 2017. – No.2. – pp. 12-13.
7. Instructions on technology of aerial-engineering works in agriculture and forestry // *Ministry of Civil Aviation*. – М.: Air Transport, 1982. – pp. 120.
8. Usik, V.V. *Modeling of Aircraft Efficient Use in Agriculture (by the example of Orenburg region): author's abstract of thesis for Can. Sc. Econom. Degree* / V.V. Usik. – Izhevsk, 2012. – pp. 21.
9. *Recommendation for Efficient Use of Agricultural Helicopters Ka-126 in Aerial-chemical Works* / R.T. Abdrashitov, L.P. Kartashov, A.P. Loktionov, N.Z. Sultanov. – Orenburg: OSAU, 1997. – pp. 48.
10. Guide on aerial-chemical works of civil aviation / *Ministry of Civil Aviation*. – М.: Air Transport, 1984. – pp. 63.

Ссылка для цитирования:

Магдин, А.Г. Алгоритм целевого выбора воздушного судна / А.Г. Магдин, А.Д. Припадчев, А.А. Горбунов // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2019. – № 10. – С. 48 – 54. – DOI: 10.30987/article_5db95e85e569b8.29571093.

Статья поступила в редакцию 15.10.19

Рецензент: к.т.н., доцент Брянского государственного технического университета, член редсовета журнала «Вестник БГТУ»
Рытов М.Ю.

Статья принята к публикации 18. 10. 19.

Сведения об авторах:

Магдин Александр Геннадьевич, к.т.н., ведущий инженер кафедры «Летательные аппараты» Оренбургского государственного университета, e-mail: magdin.sasha@yandex.ru.

Припадчев Алексей Дмитриевич, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Летательные аппараты» Орен-

Magdin Alexander Gennadievich, Can. Sc. Tech., Leading engineer of the Dep. “Aircraft”, Orenburg State University, e-mail: magdin.sasha@yandex.ru.

Pripadchev Alexey Dmitrievich, Dr. Sc. Tech., Prof., Head of the Dep. “Aircraft”, Orenburg State University, e-mail: apripadchev@mail.ru.

бургского государственного университета, e-mail: apripadchev@mail.ru.

Горбунов Александр Алексеевич, к.т.н., доцент кафедры «Летательные аппараты» Оренбургского государственного университета, e-mail: gorbynovaleks@mail.ru.

Gorbunov Alexander Alexeevich, Can. Sc. Tech., Assistant of the Dep. “Aircraft”, Orenburg State University, e-mail: gorbynovaleks@mail.ru.