УДК 631.333

РОЗВИТОК МЕТОДИКИ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНО – ТЕХ НОЛОГІЧ НОГО ПРОЦЕСУ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ І ХІМІЧНОГО ЗАХИСТУ РОСЛИН, ЯК ПРОЦЕСУ З БЕЗПЕРЕРВНИМ ЧАСОМ

Вітрух І.П
Вітрух П.І
Львівський національний аграрний університет

Проаналізовано методи математичного (лінійного) програмування та метода статистичного моделювання. Розроблено питання подальшого розвитку методики моделювання транспортно – технологічного процесу внесення добрив і хімічного захисту рослин, як Марківського процесу з безперервним часом на основі застосування теорії «Вимирання і розмноження» з метою забезпечення ритмічності роботи комплексу технологічних агрегатів і транспортних засобів.

The methods of mathematical (linear) programming and simulation procedures. A further development of methods of modeling of transport - the process of fertilizer and chemical plant protection, as Markov processes with continuous time on the basis of the theory of "Extinction and reproduction" in order to ensure the rhythm of complex technological units and vehicles.

Постановка проблеми

У сільськогосподарському виробництві цикл робо ти яких не будь технологічних агрегатів органічно пов'язаний з транспортними процесами. Забезпечення ритмічності роботи комплексу технологічних агрегатів і транспортних засобів значно залежить від їх кількості.

Дослідження про кількість технологічних агрегатів і транспортних засобів в рослинництві ґрунтуються на положеннях теорії використання машинно-тракторного парку в сільськім господарстві. Основи цієї теорії розроблені в працях ряду вчених [1,2, 3, 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питання транспортування добрив і засобів захисту рослин у технологічних процесах вивчалися рядом наукових установ та окремими дослідниками. Використання апарату математичної статистики і теорії масового обслуговування із застосуванням комп’ютерних технологій обчислень вивчалися авто рами праць.[5,6]. Визначення показників функціонування СМО у залежності від режимів роботи як предмет теорії масового обслуговування вивчалося автором [7]. В роботі [8] як показники брались усереднені величини – середній час очікування в черзі, середнє число зайнятих механізмів та ін.. Використання метода статистичного моделювання, яким можна розв’язати складні зада чі, особливо ті які не можливо розв’язати аналітичними методами досліджено у роботі[9].

Постановка завдання

Метою досліджень є подальший розвиток методики обґрунтування взаємодії технічних засобів у транспортно – технологічних комплексах для системного вирішення проблеми транспортування вантажів і їх застосування у рослинництві. Яка б забезпечувала високу ефективність процесу

Виклад основного матеріалу

Для аналітичного представлення транспо ртно - технологічного процессу сьогодні використовуються різні методи.

Метод математичного (лінійного) програмування. Метод є придатним для умов, коли результат може бути отриманий в формі точного формулюван ня мети і певних обмежень даних ресурсів. Методами лінійного програмування можуть бути вирішені наступні задачі:

- визначення складу технічних засобів задіяних у виробничо-транспортно-технологічний процес з метою отримання максимальної продуктивності та ефективності;
- встановлення вантажопотоків, розміщення і режим роботи виробничих приміщень в сільському господарстві;
- розроблення плану роботи різних типів транспортних засобів за видами та періодами перевезення;
- розподіл рухомого складу за маршрутами при перевезенні однорідних вантажів;
- визначення структури транспортного парку і потреби в рухомому скаладі сільськогосподарського підприємства;

Прикладом застосування метода лінійного програмування для визначення виробничо-транспортного комплексу є методи, розроблені в Німеччині Хубнером, Флейскером, Кастеном. Основою співвідношення робочої сили і засобів механізації при виконанні різних робіт, пов'язаних з транспортом, є моделі Кастена, за допомогою яких можна визначати склад технологічних машин і т транспортної техніки. Суть методу полягає в тому, що для заданого числа ключових машин і для заданих техніко-економічних умов (відстань перевезення, ефективність транспорту та ін) підраховується потрібна кількість транспортних засобів. Економічна оцінк виконується за критерієм мінімума приведених затрат на одиницю роботи з врахуванням простоїв, що циклічно повторюються з організаційних причин.

Розрахунок складається з двох етапів:

а) за допомогою метода СІМПЛЕКС визначається загальне оптимальне рішення, виражене дробовим числом;

б) методом ГОМОРИ знаходиться ціле число оптимальної кількості транспортних засобів.

Метод статистичного моделювання.. Ймовірнісна природа головних факторів, що впливає на хід протікання процесу, імітується з допомогою випадкових чисел, що виробляються ПК в ході моделювання [10, 11, 12, 13]. В якості математичної моделі процесу функціонування системи виступає алгоритм, що записується на алгоритмічній мові.

Використанням метода статистичного моделювання можна розв'язати великої складності задачі, особливо ті які не можливо розв'язати аналітичними методами [9]. Система яка досліджується може одночасно включати в себе елементи дискретної і неперервної дії, мати вплив численних випадкових факторів. Цей метод в силу своїх властивостей є єдиним, практично доступним методом дослідження складних систем.

Системний підхід взаємопов'язаний з багатоваріантним моделюванням на ПК дозволяє встановити раціональне рішення транспортно-технологічного процесу за вибраним критерієм оптимізації.

Метод статистичного аналізу технологічних процесів, що досліджуються включає в себе планування експерименту, розробку математичної моделі, розрахунок цих процесів на ПК з метою їх інтенсифікації шляхом вибору умов в яких протікає той чи інший процес.

Транспортно - технологічний процес, як марківський процес з безпе рервним часом (використання теорії «Вимирання і розмноження»). При описі динаміки функціонування системи з допомогою Марківського процесу з безперервним часом і дискретним числом станів, наперед, необхідно чітко визначити ці допущення які необхідно зробити по відношенню до реально го процесу функціонування системи.

Основними признаками, за якими можуть визначатися стани основних засобів системи є: зміна способу функціонування засобу; зміна способу взаємодії з другими засобами системи; перехід засобів до взаємодії з другими засобами системи.

Подання процесу який протікає в системі у вигляді Марківського випадкового процесу з безперервним часом за наявності допущень дозволяє застосовувати для опису поведінки системи апарат звичайних диференційних рівнянь.

Лінія транспортних засобів і обприскувачів (технологічних агрегатів), створюючи системи, в період роботи знаходяться в різних станах (рис.1).

Як видно, сусідніми для початкового стану x_0 є стани x_1 і x_2 , для стану x_1 – стани $x_{0,}$ x_2 $x_{3,}$ для стану x_2 – стани x_0 і x_3 а для стану x_3 стан x_1.

Однією із основних задач прикладної теорії Марківських випадкових процесів при вивчені процесів вмирання і розмноження є відшукування характеристик випадкової функції.

$$\begin{aligned}
\frac{dP_0(t)}{dt} &= \lambda_{10}P_1(t) + \lambda_{20}P_2(t) - (\lambda_{01} - \lambda_{02})P_0(t),\\
\frac{dP_1(t)}{dt} &= \lambda_{10}P_0(t) + \lambda_{21}P_2(t) - (\lambda_{12} + \lambda_{10})P_1(t),\\
\frac{dP_2(t)}{dt} &= \lambda_{02}P_0(t) + \lambda_{32}P_3(t) - (\lambda_{21} - \lambda_{20})P_2(t),\\
\frac{dP_3(t)}{dt} &= \lambda_{12}P_1(t) - \lambda_{32}P_3(t),
\end{aligned} \tag{1}$$

де $P_i\,(t)$ - ймовірність знаходження системи в i - ому стані.

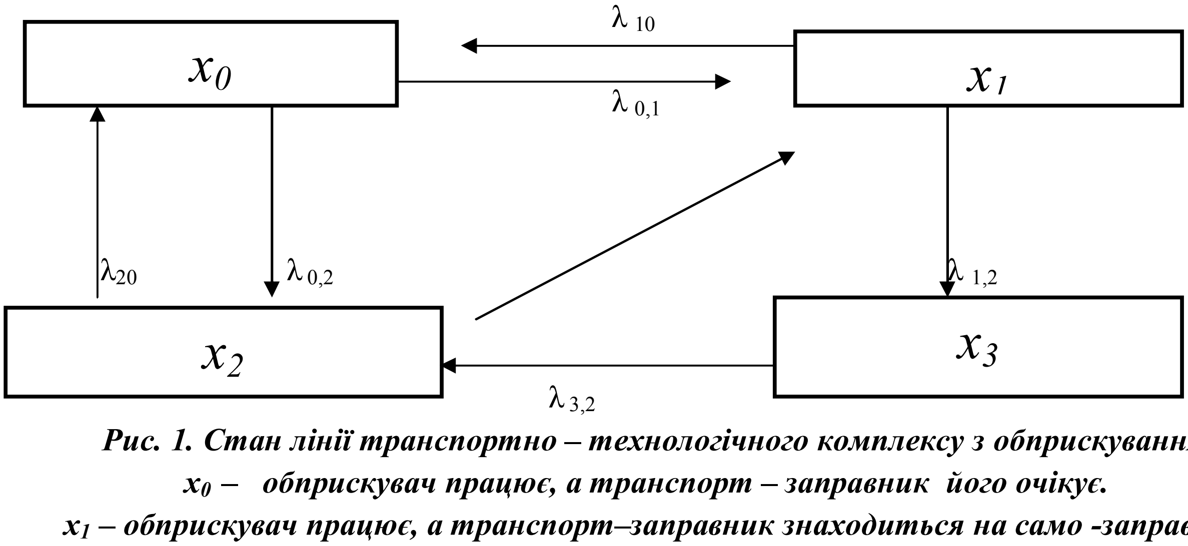

Рис. 1. Стан лінії транспортно – технологічного комплексу з обприскування

x_0 – обприскувач працює, а транспорт – заправник його очікує.

x_1 – обприскувач працює, а транспорт–заправник знаходиться на само -заправці.

x_2 – обприскувач простоює через те, що заправник його заправляє.

x_3 – обприскувач простоює так - як заправник знаходиться на само -заправці

Цикл роботи технологічних агрегатів і транспортних засобів (рис.1), може бути описаний системою диференційних рівнянь

Дана система являє собою однорідну систему звичайних лінійних диферинційних рівнянь з постійними коефіцієнтами розв'язано відносно похідних, так звану нормально лінійну однорідну систему з постійними коефіцієнтами.

$$\begin{aligned}
&a_0^0 = -(\lambda_{01} + \lambda_{02}); \quad a_1^0 = \lambda_{10}; \quad a_2^0 = \lambda_{20}; \quad a_3^0 = 0;\\
&a_0^1 = \lambda_{01}; \quad a_1^1 = -(\lambda_{01} + \lambda_{01}); \quad a_2^1 = \lambda_{21}; \quad a_3^1 = 0;\\
&a_0^2 = \lambda_{02}; \quad a_1^2 = 0; \quad a_2^2 = -(\lambda_{20} + \lambda_{21}); \quad a_3^2 = \lambda_{22};\\
&a_0^3 = 0; \quad a_1^3 = \lambda_{13}; \quad a_2^3 = 0; \quad a_3^3 = -\lambda_{32};
\end{aligned} \tag{2}$$

Тоді система запишеться у вигляді

$$P^{0(i)} = \sum_{j\neq 0}^{i} a_{,}^{i} P^{j} \qquad (i = 0,1,2,3) \tag{3}$$

де $P^{0(i)\,j\neq 0}$ - похідна i – тої функції; P^j - j – а функція,

або у векторній формі:

$$P^0 = A \cdot P, \tag{4}$$

де A – матриця;

P – вектор – функція;

P^0 – похідна вектор – функції.

Матриця має вигляд:

$$A = \begin{matrix} -(\lambda_{01}+\lambda_{02}) & \lambda_{10} & \lambda_{20} & 0 \\ \lambda_{01} & -(\lambda_{12}+\lambda_{10}) & \lambda_{21} & 0 \\ \lambda_{02} & 0 & -(\lambda_{21}+\lambda_{20}) & 0 \\ 0 & \lambda_{13} & 0 & -\lambda_{32} \end{matrix} \tag{5}$$

Записавши характеристичний многочлен матриці A в перетворення Лапласа, для чого з кожного елемента діагоналі віднімемо комплексне перемінне S і, розкладаючи многочлен за елементами першого рядка та прирівнюючи до нуля отримуємо характеристичне рівняння системи яке після ряду перетворень буде мати вигляд:

$$S = A_3 \cdot S^3 + A_2 \cdot S^2 + A_1 \cdot S + A_0 = 0, \tag{6}$$

Нехай S_0 – дійсний кратний корінь характеристичного многочленна в рівнянні. Тоді система буде мати лінійно незалежні розв'язки

$$\begin{aligned}
P_0 &= P_{h,1}(t) \cdot e^{3pt}\\
P_1 &= P_{h,2}(t) \cdot e^{3pt}\\
P_2 &= P_{h,}(t) \cdot e^{3pt}\\
P_3 &= P_{h,4}(t) \cdot e^{3pt} \qquad (h = 1,2...,z),
\end{aligned} \tag{7}$$

де P_{hk} – многочлен степеня не вище h-1.

При кратності кореня S_0 рівне 3 і приймаючи до уваги, що S_0 дійсний корінь, будемо мати три лінійно незалежних розв'язки системи.

I

$$P_0 = C_1 \cdot e^{3pt}; \qquad P_1 = C_2 \cdot e^{3pt}; \qquad P_2 = C_3 \cdot e^{3pt}; \quad P_3 = C_4 \cdot e^{3pt}, \tag{8}$$

II

$$P_0 = (C_{21}{}^{(0)} + C_{21}{}^{(1)} \cdot t) \cdot e^{3pt}; \qquad P_1 = (C_{22}{}^{(0)} + C_{22}{}^{(1)} \cdot t) \cdot e^{3pt};$$
$$P_2 = (C_{23}{}^{(0)} + C_{23}{}^{(1)} \cdot t) \cdot e^{3pt}; \qquad P_3 = (C_{24}{}^{(0)} + C_{24}{}^{(1)} \cdot t) \cdot e^{3pt}; \tag{9}$$

III

$$P_0 = (C_{31}{}^{(0)} + C_{31}{}^{(1)} \cdot t + C_{31}{}^{(2)} \cdot t^2) \cdot C^{3pt};$$
$$P_1 = (C_{32}{}^{(0)} + C_{32}{}^{(1)} \cdot t + C_{32}{}^{(2)} \cdot t^2) \cdot C^{3pt};$$
$$P_2 = (C_{33}{}^{(0)} + C_{33}{}^{(1)} \cdot t + C_{33}{}^{(2)} \cdot t^2) \cdot C^{3pt};$$
$$P_3 = (C_{34}{}^{(0)} + C_{34}{}^{(1)} \cdot t + C_{34}{}^{(2)} \cdot t^2) \cdot C^{3pt}; \tag{10}$$

Якщо рівняння (8) має чотири різних дійсних корені то існує чотири лінійно незалежних розв'язки:

$$P_{vo} = C_v \cdot e^{3vt}, \ldots \quad ., P_{v3} = C_{v3} \cdot e^{3vt}, \tag{11}$$
$$V = (1,2,3,4)$$

Якщо S_0 – комплексний r – кратний корінь, то має місце такий же результат, що і при припущені, що коефіцієнти многочленів P_{hk} - можуть бути комплексними.

Відділяючи в функціях P_0, P_1, P_2, P_3 дійсну і уявну частини, отримаємо систему $2\ r$ лінійно незалежних дійсних розв'язків системи.

Коли для кожного дійсного кореня і для одного із кожної пари спряжених між собою комплексних коренів многочленна зложити відповідну систему незалежних розв'язків то в сукупності вони створюють фундаментальну систему розв'язків.

Кожний розв'язок системи, може бути пподано як лінійна комбінація розв'язків вказаного виду.

Для опрацювання даної частини на ПК необхідно визначити інтенсивності переходів системи із стану в стан

$$\lambda_i = \frac{i}{\bar{T}_i}, \tag{12}$$

де $\bar{T}_i$ - середній час перебування системи в i – ому стані.

Шляхом проведення хронометражних спостережень і відповідного математичного опрацювання систематичних досліджень визначається значення $\bar{T}$ - і цим самим інтенсивність переходу системи із стану в стан λ.

В теорії масового обслуговування відомо багато праць, де стосовно систем обслуговування, розглянуті різні види обслуговування при потоках з обмеженою післядією. Проте стосовно систем обслуговування, функціонування яких описується процесами з дискретним число станів і безперервним часом, тобто рівняннями динаміки середніх і рівняннями для ймовірностей станів марківського процесу, використання потоків з обмеженим наслідком ще не найшло широкого застосування. Розв'язок таких задач бажно розглядати як системи, що мають стохастичний характер змінювання, застосовуючи метод статистичного моделювання.

Висновки

При аналізі наукових досліджень і публікацій є даного питання встановлено, що багато факторів розглядалися детерміновано, а фактично вони носять випадковий характер у ймовірністно – статистичному розумінні.

Запропонована методика обґрунтування взаємодії технічних засобів у транспортно – технологічних комплексах може бути використана для системного вирішення проблеми транспортування вантажів і їх застосування у рослинництві.

Література

1. Веденяпин Г.В. Общая методика Экспериментальных исследований и обработки опытных данных. М.: Колос, 1983, 199с.

2. Иофинов С.А. Эксплуатация машинно – тракторного парка . М.: Колос, 1985, 479с.

3. Лурье А.Е. Математические модели мобильных сельскохозяйственных агрегатов и их системы управления при стационарных случайных воздействиях. В кн.: Автоматизация мобильных сельскохозяйственных агрегатов. Л. 1968, том 121, с.7…14.

4. Лурье А.Е. Развитие статистических методов использования агрегатов и их систем управления. Мех. И электр. соц. сел. хоз-ва, 1971, №3, с.60…62.

5. Кольга Д. Ф. Обоснование перевалочной технологии внесения органических удобрений с использованием бункеров – накопителей: Дисс…

Канд.техн.наук: 05.20.03.-Минск, 1983. – 140с.

6. Новиков О.А. Петухов С.И. Прикладные вопросы теории массового ослуживания.._ М.: Сов. Радио. 1989. 398с.

7. Саульев В.К. Математическая теория массового обслуживания. М.: МАИ, 1984. - 152 с.

8.Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. Т.2.- М.: Мир, 1984. 738с.

9. Соболь И.М. Статников Р.Б.Выбор оптимальных параметров в задачах с многими неизвестными. М.: Наука 1981,110с.

10. Вентцель А.Д. Курс теории случайных процессов. М.: Наука,1975,320с.

11. Киртбая Ю.К. Максимчук В.П. Вероятностно – статистические предпосылки моделирования производственных процессов. Вестник сельскохозяйственной науки, 1970, № 10, с.119…129.

12. Киртбая Ю.К.Методы разработки операционной технологии механизированных полевых работ. М.: ВИМ, 1971,203с.

13. Киртбая Ю.К. Организация использования машинно – тракторного парка. М.: Колос 1984, 288с.