

=====

Инновациялық технология және авиациялық техника
Инновационные технологии и авиационная техника
Innovative technology and aviation technics

=====

DOI 10.53364/24138614_2023_30_3_7

ГТАХР 50.05, 50.41

ӘОЖ. 519.6

КӨЛІК ҚҰРАЛЫНДАҒЫ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕРДІ ТАЛДАУ

Оспанов Е.А., Семей қаласының Шәкәрім атындағы университетінің PhD докторы,
Семей қ., Қазақстан.

E-mail: 78oea@mail.ru

Андатпа. Мақалада ұшуды жоспарлау бағыттарын математикалық модельдеу қарастырылады. Дәлдік пен сәйкестіктің математикалық есептеулері талданады.

Түйін сөздер: Математика, модельдеу, есептеу эксперименті, динамика, бағдарламалық қамтамасыз ету, басқару элементтері, қозғалыс.

**АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ
ТРАНСПОРТНЫМ СРЕДСТВОМ**

Оспанов Е. А., PhD доктор Семипалатинского университета им. Шакарима
г. Семей, Казахстан.

E-mail: 78oea@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается математическое моделирование направления по планированию полетов. Анализировано математические вычисления точности и адекватности.

Ключевые слова: Математика, моделирование, вычислительный эксперимент, динамика, программное обеспечения, управления, движение.

ANALYSIS OF MATHEMATICAL MODELS IN VEHICLE DRIVING

Osmanov E.A., PhD Doctor of Semipalatinsk University named after Shakarima
Semey, Kazakhstan.

E-mail: 78oea@mail.ru

Abstract. The article discusses mathematical modeling of flight planning directions. Mathematical calculations of accuracy and adequacy are analyzed.

Key words: Mathematics, modeling, computational experiment, dynamics, software, controls, motion.

Кіріспе. Математикалық модельдеу теориясы [1,2,3,4] нәтижелердің адекваттылығын нақты объектінің мінез-құлқына есептеу экспериментінің сәйкестігі ретінде түсіндіреді. Математикалық модельдердің сәйкестігін бағалау процедурасын елемеу есептеу экспериментінде өрескел қателерге әкеледі. Өз кезегінде мұндай қате есептеу нәтижесіндегі қателіктерге және дұрыс емес практикалық қорытындыларға әкеледі.

Математикалық модельдердің сәйкестігін бағалаудың әртүрлі тәсілдері бар, бірақ кез келген жағдайда бұл үшін бізге мыналарды білу қажет:

А) үлгілердің сәйкестігін бағалау критерийлері;

В) объектінің мінез-құлқының бір жағдайын қайталайтын есептеу экспериментінің нәтижелері туралы жан-жақты мәліметтер;

С) нақты жағдайда көлік құралының мінез-құлқы туралы шынайы ақпарат.

Әуе кемесінің математикалық үлгілері үшін шынайы ақпаратты алу іс жүзінде мүмкін емес. Мысалы, жолдың әр нүктесінде әр сәтте түзету мүмкін емес:

- ауа райы жағдайлары (жел, жаңбыр және т.б.);
- ауаның жерге қатысты қозғалысы (жел жылдамдығы мен бағыты);
- Ұшу және қону кезінде дөңгелектердің жабысу коэффициенті және т.б.

Сондықтан үлгілердің сәйкестігін бағалау үшін ұшу сынағының барлық деректерін пайдалану мүмкін емес, ал критерий қолда бар ақпараттың дәлдігіне сәйкес таңдалуы керек.

Көп өзгергіштік жағдайында есептеу эксперименттерінің нәтижелерінің қолайлы адекваттылығына тек идентификацияның көмегімен қол жеткізуге болады. Сәйкестендіру – эксперименттік деректерге сәйкестігінің қолайлы дәрежесіне жету үшін математикалық модельдердің белгісіздерді анықтау немесе жеткіліксіз дәл белгілі параметрлерін нақтылау процесі.

1) Кез келген детерминирленген (кездейсоқ құбылыстарға еліктеусіз) математикалық модельде [2,3]:

- қозғалысты бақылау,
- кинематикалық қатынастар;
- басқа функционалдық тәуелділіктер;
- сандық мәліметтер,
- есептеу әдістері.

2) Егер біз белгілі бір ұшақ үлгісін таңдасақ, біз ұшақ өндірушісі бекіткен техникалық сипаттамаларға күмән келтіре алмаймыз. Тек үш топты анықтау керек:

- объектінің бастапқы операциялық параметрлерінің күйі,
- ауа райы деректері, стандартты атмосферадан ауытқулар, ұшу-қону жолағының жай-күйі;
- объектіні басқару моделінің параметрлері (адам факторы немесе басқарудың барлық арналарында автоматты басқару жүйелері).

3) Төтенше жағдайларда әуе кемелерін басқару әдістерін әзірлеу және талдау үшін динамикалық және пилотаждық қасиеттер ең маңызды міндет болып табылады.

4) Әуе кемесі қозғалысының математикалық моделінің, ұшудың өзгермелі параметрлерінің (арақтығы, жылдамдығы, биіктігі) сәйкестігін, сондай-ақ сыртқы әсерлерге реакциясын қамтамасыз ету қажет факторлар жел әсері немесе берілген траекториядан ауытқу)

5) Әуе кемесінің бойлық және көлденең ілгерілемелі қозғалысын бөлек талдау. Бұл аэродинамика мен ұшу динамикасын терең білуді талап етеді.

Әуе кемелерінің ұшу динамикасының математикалық үлгілерін әзірлеу үшін сәйкестіктің қажетті дәрежесіне келесі ұсыныстарды беруге болады.

1. Зерттеу міндетін нақты тұжырымдаңыз.

2. Ұшу параметрлерін толық және өздігінен дәйекті жазу арқылы ұшуды сынау нәтижелерін талдау.

3. Математикалық модельде қарастырылатын белгілерді сипаттау үшін кеңейтілген математикалық қатаңдық принциптерін қамтамасыз ету.

4. Тапсырмаға сәйкес есептеу әдістерін таңдаңыз.

5. Математикалық модельдердің сәйкестік деңгейін тексеріңіз, зерттеу тапсырмасын шешуге объективті баға беріңіз, егер сәйкестіктің қанағаттанарлықсыз деңгейін алсаңыз, жоғарыда аталған барлық қадамдарды қайталаңыз.

Осылайша, салыстырылатын параметрлердің физикалық қасиеттеріне басымдық бере отырып, сәйкестікті бағалаудың статистикалық әдісі және сәйкестендірудің эвристикалық әдісі қолданылады.

Әдістері. Математикалық статистикада дәлдік пен жүйелілікті сипаттайтын бірнеше шамалар белгілі [12].

Ұшу сынақтарымен салыстырғанда математикалық модельдің дәлдігін стандартты ауытқу арқылы бағалауға болады, дегенмен мұндай бағалау дәл болмауы мүмкін, өйткені ол кейбір сәйкессіздіктерді ескермейді. Алшақтықтардың орташа статистикалық мәні бірдей кемшіліктерден зардап шегеді, бірақ жүйелі қатені бағалау ретінде пайдаланылуы мүмкін.

Бұл алгоритмде статистикалық критерийлерді тексеру реттілігі қатаң сақталады, олардың әрқайсысы алдыңғысының қорытындысына негізделген.

1. ӘК қозғалысының параметрлерінің бірі таңдалады, ол үшін нүктелерде (t_1, t_2, \dots, t_N) ұшу жазбасы $U(t)$ және ММ бойынша есептелген сәйкес параметрі $u(t)$ болады. бірдей нүктелер.

2. $u_i = u(t_i) - U(t_i)$ айырмашылықтары есептеледі.

3. u_i мәндерінің барлық ауқымы олардың әрқайсысына u_i кемінде бес мәні келетіндей g интервалдарына бөлінеді.

4. Әрбір j -ші интервалдағы u_i соққылар саны есептеледі - n_j жиіліктері.

5. u кездейсоқ шамасының таралу параметрлерінің статистикалық бағалаулары анықталады: таңдамалы орташа $(\Delta u) = 1/N \sum_{j=1}^g n_j \Delta u_j$, мұндағы u_j ортасы. j -ші интервалдың; және бейтарап дисперсияны бағалау $s^2 = 1/(N-1) \sum_{j=1}^g n_j [(\Delta u_j - (\Delta u))^2]$.

Нәтижелер. Пилоттық үлгінің параметрлерін әдеттегі сәйкестендірумен бір мезгілде жасау керек, бұл мәселені айтарлықтай қиындатады және тіпті оны шешу мүмкін емес етеді. Мұнда ұшу сынақтарында ең жақын есептеу нәтижелерін алу үшін басқару әрекеттері мен қозғалыс параметрлері арасындағы сапалық қатынастың егжей-тегжейлі «физикалық» талдауын қолдана отырып, эвристикалық тәсіл ғана көмектесе алады [12]. Бұл тәсіл барлық сансыз мүмкін сұрақтарға жауап беру мақсатын көздемей, нәтижелерге қойылатын нақты талаптарды ескеруі керек. Ол есептеу эксперименті мен ұшу сынақтары деректерінің олардың сандық мәндерінен «физикалық» басымдылығына негізделген.

Осы ұшу сынақтары үшін есептеу эксперименттерінің нәтижелерінің сәйкестігін бағалау кезінде, ең алдымен, қайта шығарылуы тиіс сынақ туралы жан-жақты ақпарат болуы қажет. Бұл жазылған (қателері бар) ұшу ақпаратынан басқа, әуе кемесінің сыртқы жағдайларын да, күйін де жеткілікті түрде дәл білу қажет дегенді білдіреді. Бірақ дәл осы ақпарат көбінесе жоқ - атмосфераның кеңістіктік-уақыттық сипаттамаларын, соның ішінде желдің екпінін тіркеу мүмкін емес, ұшақтың сипаттамаларын дәл білу мүмкін емес. Сондықтан барлық мүмкін жағдайлар үшін математикалық модельді анықтауды өз мойнына алудың мағынасы жоқ. Белгілі белгілі шарттарда ұшудың жекелеген кезеңдерін сипаттайтын математикалық модельдің ерекше жағдайлары үшін ғана бұл мәселені шешуге тырысуға болады.

Қорытынды. Жоғарыда баяндалған шешілетін тапсырмалардың қасиеттеріне сүйене отырып және жоғарыда айтылғандардың барлығына сүйене отырып, талдаудың дәйекті кезеңдерінің тізбегі болып табылатын математикалық модельді анықтаудың эвристикалық әдісі әзірленді:

1) нақты ұшудың зерттелетін кезеңін жүзеге асыру ерекшеліктерін анықтау (уақыт пен әрекеттердің сипаттамалық сәттері);

2) математикалық үлгінің сәйкестігін қамтамасыз ету талап етілетін ұшуды сынау факторларын таңдау (олардың траектория бойынша өзгеруімен есептеу нәтижелерінің өзгеруі сапалық жағынан сәйкес болуы керек);

3) сәйкестендірілетін параметрлер туралы гипотезаларды (олардың стандартты немесе тіркелгеннен ауытқуының мүмкін себептері) ұсыну;

- 4) есептеу экспериментін жүргізу (кезекті жуықтау әдісімен сәйкестендірілетін параметрлерді таңдау);
- 5) есептеу нәтижелерін талдау және тексерілген гипотезаларды бағалау.

Әдебиеттер

1. Дыхненко Л.М. и др. Основы моделирования сложных систем: Учебное пособие для вузов. – Киев: Вища школа, 1981.
2. Ибрагимов И.А. и др. Моделирование систем: Учебное пособие. – Баку: Азинефтехим, 1989.
3. Кубланов М.С. Математическое моделирование. Методология и методы разработки математических моделей механических систем и процессов. Часть I. Моделирование систем и процессов: Учебное пособие. – М.: МГТУ ГА, 2004
4. Кубланов М.С. Об адекватности математических моделей и задаче идентификации // Научный Вестник МГТУ ГА, серия Аэромеханика и прочность, № 138, 2009. – С. 101 – 106.
5. Тихонов А.Н., Кальнер В.Д., Гласко В.Б. Математическое моделирование технологических процессов и метод обратных задач в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1990.
6. Разработка рекомендаций и предложений по летной эксплуатации вертолета с грузом на внешней подвеске при проведении авиационных работ с применением специальных технических средств: Отчет о НИР (заключительный) / Моск. гос. технич. ун-т гражд. авиации (МГТУ ГА); Руководитель Кубланов М.С., Ответственный исполнитель В.В. Ефимов. № ГР 01200607252; Инв. № 02200704155 – М., 2007.
7. Бугай В.И., Кубланов М.С. Влияние попутного ветра на взлетную дистанцию вертолета // Научный Вестник МГТУ ГА, серия Аэромеханика и прочность, № 138, 2009. – С. 107 – 112.
8. Бугай В.И., Ивчин В.А. Определение безопасных высот висения вертолета Ми-8. В конкретных условиях эксплуатации // Научный Вестник МГТУ ГА, серия Аэромеханика и прочность, № 138, 2009. – С. 241 – 244.
9. Система математического моделирования динамики полета воздушных судов на базе персональных ЭВМ: Отчет о НИР (промежуточный) / Моск. ин-т инженеров гражд. авиации (МИИ ГА); Руководитель Ципенко В.Г. Ответственный исполнитель М.С. Кубланов. № ГР 01910018045; Инв. № 02910024435 – М., 1991.
10. Кубланов М.С. Идентификация математической модели по данным летных испытаний самолета Ил-96-300 // Решение прикладных задач летной эксплуатации ВС методами математического моделирования: Сб. научных трудов / Моск. ин-т инженеров гражд. авиации. – 1993. – С. 3 – 10.
11. Бехтина Н.Б. Комплексная методика определения коэффициента сцепления колес шасси с взлетно-посадочной полосой для математического моделирования // Научный вестник МГТУ ГА, серия Аэромеханика и прочность, № 81, 2005. – С. 81 – 95.
12. Бехтина Н.Б. Математическая модель бокового коэффициента сцепления колеса пневматика шасси при движении ЛА по ВПП // Научный вестник МГТУ ГА, серия Аэромеханика и прочность, № 97, 2006. – С. 134 – 140.

References

1. Dyhnenko L.M. i dr. Osnovy modelirovaniia slojnyh sistem: Ýchebnoe posobie dlia vtýzov. – Kiev: Via shkola, 1981.
2. Ibragimov I.A. i dr. Modelirovanie sistem: Ýchebnoe posobie. – Baký: Azineftehim, 1989.
3. Kýblanov M.S. Matematicheskoe modelirovanie. Metodologiya i metody razrabotki matematicheskikh modelei mehanicheskikh sistem i protsessov. Chast I. Modelirovanie sistem i protsessov: Ýchebnoe posobie. – M.: MGTÝ GA, 2004

4. Kýblanov M.S. Ob adekvatnosti matematicheskikh modelei i zadache identifikatsii // Naýchnyi Vestnik MGTÝ GA, seriia Aeromehanika i prochnost, № 138, 2009. – S. 101 – 106.
5. Tihonov A.N., Kalner V.D., Glasko V.B. Matematicheskoe modelirovanie tehnologicheskikh protsessov i metod obratnykh zadach v mashinostroenií. – M.: Mashinostroenie, 1990.
6. Razrabotka rekomendatsii i predlozhenii po letnoi eksplýatatsii vertoleta s grýzom na vneshnei podveske pri provedenií aviatsionnykh rabot s primeneniem spetsialnykh tehnikeskikh sredstv: Otchet o NIR (zaklýuchitelnyi) / Mosk. gos. tehnik. ún-t grajd. aviatsii (MGTÝ GA); Rýkovoditel Kýblanov M.S., Otvetstvennyi ispolnitel V.V. Efimov. № GR 01200607252; Inv. № 02200704155 – M., 2007.
7. Býgai V.I., Kýblanov M.S. Vliianie popýtnogo vetra na vzletnýiy distantsiiy vertoleta // Naýchnyi Vestnik MGTÝ GA, seriia Aeromehanika i prochnost, № 138, 2009. – S. 107 – 112.
8. Býgai V.I., Ivchin V.A. Opredelenie bezopasnykh vysot víseniia vertoleta M1-8. V konkretnykh ýsloviiah eksplýatatsii // Naýchnyi Vestnik MGTÝ GA, seriia Aeromehanika i prochnost, № 138, 2009. – S. 241 – 244.
9. Sistema matematicheskogo modelirovaniia dinamiki poleta vozdýshnykh sídov na baze personalnykh EVM: Otchet o NIR (promeyýtochnyi) / Mosk. in-t injenerov grajd. aviatsii (MII GA); Rýkovoditel Tsipenko V.G. Otvetstvennyi ispolnitel M.S. Kýblanov. № GR 01910018045; Inv. № 02910024435 – M., 1991.
10. Kýblanov M.S. Identifikatsiia matematicheskoi modeli po dannym letnykh ispytanií samoleta Il-96-300 // Reshenie prikladnykh zadach letnoi eksplýatatsii VS metodami matematicheskogo modelirovaniia: Sb. naýchnykh trýdov / Mosk. in-t injenerov grajd. aviatsii. – 1993. – S. 3 – 10.
11. Behtina N.B. Kompleksnaia metodika opredeleniia koeffitsienta stsepleniia koles shassi s vzletno-posadochnoi polosoi dlia matematicheskogo modelirovaniia // Naýchnyi vestnik MGTÝ GA, seriia Aeromehanika i prochnost, № 81, 2005. – S. 81 – 95.
12. Behtina N.B. Matematicheskaiia model bokovogo koeffitsienta stsepleniia kolesa pnevmatika shassi pri dvijenií LA po VPP // Naýchnyi vestnik MGTÝ GA, seriia Aeromehanika i prochnost, № 97, 2006. – S. 134 – 140.