

S.SH. BALASANYAN, H.M. GEVORGYAN

**A SIMULATION MODEL FOR OPTIMIZATION OF THE REAGENT
MODE OF COPPER-MOLYBDENUM ORE FLOTATION, CONSIDERING
THE RANDOM FACTORS**

The problem of determining the optimal reagent mode of ore flotation taking into account the random factors as a stochastic programming problem is considered. The probability distribution functions of characteristics of the original and the grinded ore (pulp) are identified by using which, a simulation model for optimizing the reagent mode of the copper-molybdenum ore flotation process is built. The constructed model, unlike the existing ones, takes into account the influence of random changes in the characteristics of the initial ore and pulp on the efficiency of flotation.

Keywords: simulation modeling, ore grinding, pulp, flotation, stochastic programming problem.

ՀՏԴ 005.931.1:621.865

ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆ Ս. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, ՀԱՅԿ Ս. ՂԱԶԱՐՅԱՆ

**ՓՐԿԱՐԱՐԱԿԱՆ ԱՇԽԱՏԱՆՔՆԵՐԻ ՀԱՄԱՐ ՆԱԽԱՏԵՍՎԱԾ ՈՌԲՈՏՆԵՐԻ
ԿԱՌԱՎԱՐՄԱՆ ԵՎ ՏԵՂԱՇԱՐԺՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ՏԵՍԱԿՆԵՐԸ**

Ուսումնասիրելով փրկարարական աշխատանքների համար նախատեսված ռոբոտների կառավարման և տեղաշարժն ապահովող համակարգերը՝ փորձ է արվել առանձնացնել դրանց այն տեսակները, որոնք հնարավոր են կիրառել արտակարգ իրավիճակներում փրկարարական, որոնողափրկարարական, անհետաձգելի վթարավերականգնողական և այլ աշխատանքներում: Փրկարարական աշխատանքներում կիրառվող ռոբոտների աշխատանքի արդյունավետությունը նվազեցնում են հիմնականում դրանց տեղաշարժման ու կառավարման անհնարինությունը որոշակի իրավիճակներում:

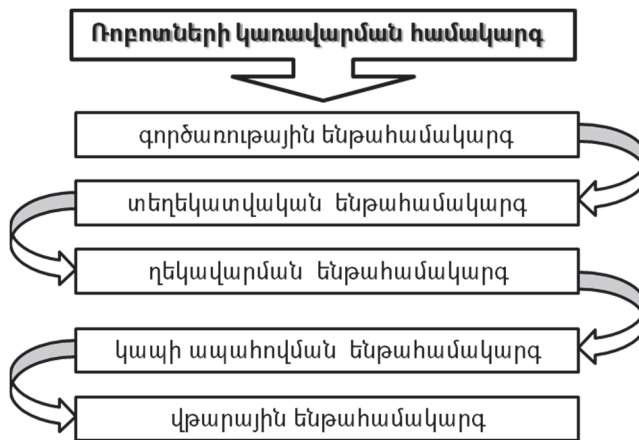
Առանցքային բաներ. փրկարարական աշխատանքներ, ռոբոտներ, ռոբոտների կառավարման համակարգեր, ռոբոտների տեղաշարժն ապահովող համակարգեր:

Փրկարարական աշխատանքների համար նախատեսված ռոբոտների զարգացման հիմնական և արդիական ուղղություններից կարելի է առանձնացնել դրանց կառավարումը և տեղաշարժն ապահովող համակարգերի համապատասխանեցումը արտակարգ իրավիճակների հետևանքով ստեղծված միջավայրին և պահանջներին: Ռոբոտատեխնիկական համակարգերը ներկայացնում են կառավարվող սարքերի համակարգ, որոնք հնարավորություն ունեն որոշակի հեռավորության վրա ինքնուրույն տեղաշարժվելու և կատարելու որոշակի գոր-

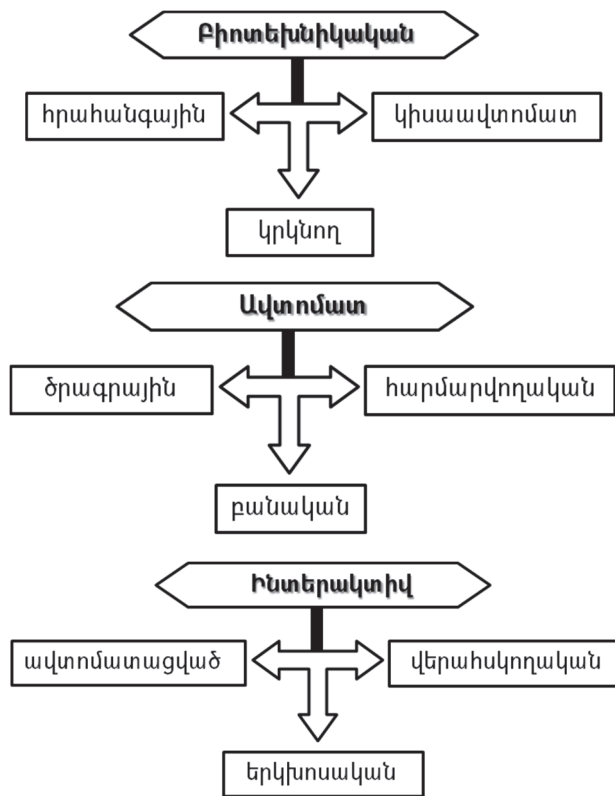
ծողություններ [1]: Ռոբոտների հիմնական առանձնահատկությունն է մարդու շարժողական, տեսողական, լսողական և այլ գործողությունների և աշխատանքների ամբողջական կամ մասնակի կատարումը: Կարելի է նշել, որ դրանց հիմնական և կարևոր առանձնահատկությունը բարձր ռիսկի դեպքում մարդկային հնարավորությունները գերազանցող կամ կյանքի ու առողջության համար վտանգավոր տարածքներում, միջավայրերում որոշակի գործողությունների ու աշխատանքների իրականացումն է [2]:

Ռոբոտների կիրառման փորձն ու ուսումնասիրությունները փաստում են, որ վերջին տասնամյակներում կիրառվող ռոբոտները, որոնք որոշ դեպքերում լիովին փոխարինում են մարդկանց, բարդ աշխատանքային պայմաններում երբեմն առաջացնում են բազմաթիվ խնդիրներ՝ կապված կառավարման համակարգի հետ: Ի տարբերություն այլ կանխատեսելի իրավիճակներում կամ աշխատանքային պայմաններում աշխատող ռոբոտների՝ փրկարարական և այլ անհետաձգելի աշխատանքների համար նախատեսված ռոբոտների կառավարման ժամանակ առաջանում են որոշակի խնդիրներ: Այդ խնդիրները հիմնականում կապված են փրկարարական և այլ անհետաձգելի աշխատանքների բարդ, երբեմն անկանխատեսելի պայմանների, ինչպես նաև այն վտանգավոր գործոնների հետ, որոնք խոչընդոտում են ռոբոտների արդյունավետ կառավարումը: Ռոբոտների կառավարման բոլոր համակարգերն ունեն իրենց նշանակությունը, առանձնահատկությունները, առավելություններն ու թերությունները: Կառավարման համակարգի ընտրության համար անհրաժեշտ է հաշվի առնել աշխատանքային պայմաններն ու առանձնահատկությունները: Փրկարարական և այլ անհետաձգելի աշխատանքների կատարման համար նախատեսված ռոբոտների կառավարման համակարգը, ելնելով դրանց աշխատանքի բնույթից, մշակվում է՝ տվյալ աշխատանքային պայմաններին ու միջավայրին համապատասխանեցնելով:

Ռոբոտների կառավարման համակարգը բաղկացած է հետևյալ ենթահամակարգերից.



Ռոբոտների կառավարման համակարգերի տեսակներն են.



Բիոտեխնիկական կառավարման համակարգով ռոբոտը ճշտությամբ կատարում և կրկնում է օպերատորի ձեռքի շարժումներն ու այդ միջոցով տրվող

հրահանգները, իսկ օպերատորը հնարավորություն ունի գտնվելու բավականին մեծ հեռավորության վրա և այնտեղից իրականացնելու իր աշխատանքները [3]:

Հրահանգային կառավարման ենթահամակարգով ղեկավարումն իրականացվում է հեռակառավարման վահանակի վրա տեղադրված սեղմակներով և լծակներով: Կառավարման այս համակարգի առավելությունը ռոբոտի աշխատանքային մասերի կառավարման ճշգրտությունն է, իսկ որպես թերություն կարելի է նշել ռոբոտի ղեկավարման համար պահանջվող ժամանակը: Նման կառավարման դեպքում ռոբոտը պետք է լինի օպերատորի տեսադաշտում, կամ ռոբոտի վրա տեղադրված տեսախցիկի միջոցով կարելի է տեսնել նրա աշխատանքային միջավայրը:

Կրկնող կառավարման ենթահամակարգով ռոբոտը ճշտությամբ կրկնում է օպերատորի կատարած գործողությունները: Կառավարման այս համակարգի առավել տարածված տեսակներից է էկզոկոմպլեքսը, որի միջոցով ռոբոտին հաղորդվում են անհրաժեշտ գործողություններն ու շարժումները:

Կիսավտոմատ կառավարման ենթահամակարգն ըստ էության կարելի է համարել վերը նշված երկու տեսակների արդիականացված տարբերակը, քանի որ այս համակարգում ներկառուցվում է միկրոհամակարգիչ, որի միջոցով համակարգվում են ռոբոտի բոլոր շարժումներն ու գործողությունները:

Ավտոմատ կառավարմամբ աշխատող ռոբոտներն հնարավորություն ունեն աշխատել առանց մարդու անմիջական մասնակցության: Նման կառավարման համակարգով աշխատող ռոբոտներն աշխատեցնելու համար անհրաժեշտ է նախապես ներդնել ցանկալի գործողություններն ու որոշակի իրավիճակում դրանք կատարելու հրահանգներ, նշել դրանց կատարման հերթականությունը, կորդինատներն ու այլ տվյալներ: Նման կառավարման համակարգով աշխատող ռոբոտները առավել հարմար է կիրառել այն դեպքերում, երբ դրանց աշխատանքը պարբերականորեն իրականացվում է մշտական տեղակայման վայրում: Այս նախապայմանը բավարար չէ փրկարարական և այլ անհետաձգելի գործողությունների համար նախատեսված ռոբոտների դեպքում, քանի որ այդ պայմաններում մշտապես առկա է աշխատանքային վայրի փոփոխության և չնախատեսված գործողությունների անհրաժեշտությունը:

Ծրագրային կառավարման ենթահամակարգը ռոբոտին թույլ է տալիս գործողությունները կատարել նախապես ներդրված ծրագրի միջոցով: Կառավարման այս համակարգի առավելություններից կարելի է նշել գործողությունների

կատարման բարձր արագությունը, հուսալիությունն ու արդյունավետությունը: Հիմնական առավելությունը դյուրին վերածրագրավորումն է:

Հարմարվողական կառավարման ենթահամակարգը ծրագրային կառավարման արդիականացված տեսակն է: Գլխավոր առանձնահատկությունը միջավայրին կամ ստեղծված պայմաններին հարմարվելու ունակությունն է, որն իրականացվում է տեսախցիկների, տարածության զգայնությամբ ուլտրաձայնային տվիչների, հպման տվիչների, գույները, չափերն ու տեսքը ճանաչելու ունակությամբ օժտված համակարգերի միջոցով: Այս ամենը ռոբոտին թույլ է տալիս ինքնուրույն համակարգել իր գործողությունները՝ հարմարվելով ստեղծված պայմաններին:

Բանական կառավարման ենթահամակարգը ծրագրային կառավարման առավել արդիականացված տարբերակն է: Հիմնական առանձնահատկությունը մարդու հետ հետադարձ կապի համակարգն է, որը թույլ է տալիս համակարգել կամ վերահամակարգել կատարվող գործողությունները: Կառավարման այս համակարգը թույլ է տալիս աշխատելու ընթացքում համագործակցել ու փոխադարձ կապի մեջ լինել այլ ռոբոտների ու սարքավորումների հետ:

Ինտերակտիվ կառավարման համակարգերը հիբրիդային կառավարման համակարգեր են, որոնք ժամանակի հիմնական մասը աշխատում են ավտոմատ համակարգով, սակայն անհրաժեշտության դեպքում հնարավորություն ունեն կապ հաստատելու օպերատորի հետ: Նման համակարգերի հիմնական առանձնահատկությունը օպերատորի կողմից ձայնային կամ տեքստային հրահանգների միջոցով կառավարում իրականացնելն է:

Ավտոմատացված կառավարման ենթահամակարգերում միավորվում կամ կրկնվում են ինչպես ավտոմատ, այնպես էլ բիոտեխնիկական համակարգերի գործառույթները:

Վերահսկողական կառավարման ենթահամակարգերում օպերատորը զբաղվում է ռոբոտի աշխատանքի և գործողությունների բանական գործառույթներով, իսկ ռոբոտի ենթահամակարգը՝ հաշվողական և գործողությունների կատարմամբ [4]:

Երկխոսական կառավարման ենթահամակարգի դեպքում ռոբոտն ու օպերատորն աշխատում են փոխադարձ կապի միջոցով, և գործողությունների ամբողջ ընթացքում նրանց միջև պահպանվում է մշտական կապ: Այս ամենի շնորհիվ օպերատորը մշտապես ունենում է ճշգրիտ տվյալներ և տեղեկություն ռոբոտի գործողությունների մասին: Կառավարման նման ենթահամակարգով

աշխատող ռոբոտները համալրված են հետագա գործողությունները կանխատեսելու համակարգով, որը հնարավորություն է տալիս իրականացնելու համատեղ առավել արդյունավետ աշխատանք:

Փրկարարական և այլ անհետաձգելի աշխատանքների կատարման համար նախատեսված ռոբոտների կառավարման համակարգերի հետագա զարգացումը հանգեցրել է նրան, որ օպերատորը ռոբոտից ստանում է ոչ միայն տեսողական, այլ նաև կառավարվող օբյեկտների ուժային գործողությունների մասին տեղեկատվություն:

Հեռակառավարման համակարգերի զարգացման արդի ուղղություններից է նաև կառավարման այնպիսի համակարգերի ստեղծումը, որոնք թույլ են տալիս օպերատորին, տեսողական տեղեկատվությունից բացի, ստանալու նաև օբյեկտի ֆիզիկական հատկությունների մասին տեղեկություն՝ քաշ, իներցիա, հրման ուժ, մակերևույթի անհարթություններ և այլն [5]: Այս համակարգերը օպերատորին թույլ են տալիս աշխատանքային միջավայրի վերաբերյալ ունենալ իրական զգացողություն:

Ուսումնասիրելով ռոբոտների կառավարման համակարգերը, ինչպես նաև փրկարարական և այլ անհետաձգելի աշխատանքներում առկա վտանգավոր գործոնները՝ կարելի է նշել, որ դրանց որոշ տեսակներ հնարավոր է արդյունավետ կիրառել որոնողափրկարարական և հրդեհաշիջման աշխատանքներ իրականացնելիս: Վերոնշյալ աշխատանքներում կիրառվող ռոբոտատեխնիկական համակարգերի զարգացման հիմնական ուղղություններից կարելի է առանձնացնել նախապես ծրագրված որոշումների ու գործողությունների ինքնուրույն կատարման ունակությունը՝ առանց մարդու անմիջական միջամտության: Փրկարարական և այլ անհետաձգելի աշխատանքների կատարման համար նախատեսված ռոբոտների կառավարման ենթահամակարգի անսարքության դեպքում պետք է նախատեսված լինի այդ համակարգի ամբողջականության պահպանումը, որը պետք է ինքնագործարկվի:

Ռոբոտների տեղաշարժն ու դրանցով կատարվող գործողությունները հիմնականում կատարվում են էլեկտրամեխանիկական, պնևմատիկական, հիդրավլիկական ուժային շարժակներով և հանգույցներով: Այդ ամենը կատարվում է համապատասխան ծրագրային ապահովմամբ, իսկ ռոբոտներն աշխատում են առանց մարդու անմիջական մասնակցության՝ իրականացնելով շարժողական, տեսողական և այլ գործողություններ: Հարկ է նշել, որ ժամանակակից ռոբոտների կիրառումը հիմնականում արդյունավետ չէ փրկարարական աշխատանք-

ներում, քանի որ դրանք չեն բավարարում որոշ պահանջների՝ հուսալիություն, երկարակեցություն, կայունություն, որոշակի իրավիճակներում ինքնաբավ աշխատելու կարողություն և այլն [6]:

Փրկարարական աշխատանքներում կիրառվող ռոբոտները հիմնականում թրթուրավոր ընթացամասերով են (նկ.1), սակայն ժամանակակից ռոբոտաշինության միտումները տեղաշարժվելիության առումով տարբեր են:



Նկ. Թրթուրավոր ռոբոտ

Ներկայումս ստեղծվում են ռոբոտներ, որոնք ունեն բազմաթիվ ոտքեր կամ օժտված են սողալու հատկությամբ: Անվավոր ռոբոտները, երբեմն անկարող են խոչընդոտներ հաղթահարել, անցնել փոսերի կամ քարերի վրայով, ինչը թրթուրավոր, սողացող կամ քայլող ռոբոտների համար տեղաշարժման ժամանակ բարդություն չի առաջացնում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Карпенко А.П.** Робототехника и системы автоматизированного проектирования: Учебное пособие.-М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. - 71 с.
2. **Ющенко А.С.** Диалоговое управление роботами с использованием нечетких моделей // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте: Сб. трудов V Междунар. науч.-практич. конф., Коломна, 28-30 мая 2009 г.-М., 2009.-Т.1.-С. 97-108.
3. **Кулаков Ф.М., Игнатьев М.Б., Покровский А.М.** Алгоритмы управления роботами-манипуляторами.-Л.: Машиностр.,1977. – 247 с.
4. **Попов А.В.** Разработка и исследование систем комбинированного позиционно-силового управления манипуляторами.- СПб., 2008.-126 с.
5. **Adams R.J., Hannaford B.** Stable Haptic Interaction with Virtual... // IEEE Trans. on Robot. and Aut. – 1999. – V.15, № 3. – P. 465-474.
6. **Тодосейчук С.П., Самойлов К.И., Климачева Н.Г.** Эффективность применения и перспективы развития наземных робототехнических средств //Технологии гражданской безопасности - 2006. - Вып.1, том 3. – С. 61-65.

АРУТЮН С. КАЗАРЯН, АЙК С. КАЗАРЯН

**ВИДЫ СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ И МОБИЛЬНОСТИ РОБОТОВ
В СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТАХ**

Изучая системы управления и мобильность роботов для спасательных работ, в статье предпринята попытка определить те их виды, которые можно применять в чрезвычайных ситуациях для реализации спасательных, поисково-спасательных, неотложных аварийно-восстановительных и других работ. Эффективность роботов, используемых в спасательных операциях, снижает невозможность их перемещения и отсутствие управления в определенных ситуациях.

Ключевые слова: спасательные работы, роботы, системы управления роботами, системы обеспечения движения роботов.

HARUTYUN S. GHAZARYAN, HAYK S. GHAZARYAN

**TYPES OF THE SYSTEMS FOR THE ROBOTS MANAGEMENT AND
MOBILITY IN RESCUE OPERATIONS**

Studying the systems of the robot control and mobility for rescue operations, an attempt has been made to determine those systems which can be applied in emergency situations to realize rescue, search and rescue operations, emergency rehabilitation and other situations. The effectiveness of robots used in the rescue operations reduces the impossibility of their mobility and the lack of management in some situations.

Keywords: rescue operations, robot, systems of robot management, systems of providing robot mobility.