# 1. Robootika ja inimese leidmise rakendusi

## 1.1 Robootika

### 1.1.1 Robootika ajalugu

Robootika on teadus, mis uurib roboteid, nende valmistamise meetodeid ning kasutusalasi, mõne definitsiooni järgi kuulub robootika arvutiteaduse alamaosa tehisintellekti alla, ning keskendub selle praktilisele rakendamisele.[1] Sõna "robot" erinevad definitsioonid on aga küllaltki vastuolulised, selle all mõeldakse mõnel juhul ainult automaatselt liikuvaid mehhanisme, kuid vahel ka inimese poolt kaugjuhitavaid seadmeid, samuti ka täielikult statsionaarseid masinaid. Kõige laiemas kontekstis võib robotiteks lugeda mistahes inimtegevusi automatiseerivaid seadmeid.

Esimesteks robootika või täpsemalt automaatika katsetuste hulka võib arvata kreeklasest inseneri Ctesibuse poolt orienteeruvalt aastal 270eKr loodud hüdraulilist orelit ning liikuvate näitudega veekella. Esimesed inimeselaadsed robotid lõi araablane Al-Jazari aastal 1206, leiutis koosnes neljast muusikat mängivast nukust (2 trummarit, 1 harfimängija ja 1 flöödimängija), kes istusid paadis. Mängitava muusika rütmi juhtisid pöörlevad väljaulatuvate nukkidega silindrid, mida hüdrauliliselt töös hoiti.[2]

Sõna "robot" tuli esmakordselt kasutusse alles aastal 1921 tšehhi näitekirjaniku Karel Capeki näidendis "Rossumi universaalsed robotid", mis jutustas sellest, kuidas masin oma looja vastu pöörab, "robot" tähendab tšehhi keeles tööjõudu. Terminit "robootika" kasutas esmakordselt ulmekirjanik Isaac Asimov aastal 1941 kirjeldamaks tehnoloogiat, mida robotites kasutatakse. Aasta hiljem ilmus Asimovi lühijutt "Runaround", kus autor sõnastas oma "Kolm robootika seadust", mis on järgnevad:

1. Robot ei tohi vigastada inimest ega lasta läbi tegevusetuse inimesele midagi halba juhtuda.
2. Robot peab kuulama inimese käske, kui need ei lähe vastuollu seadusega 1.
3. Robot peab kaitsma oma eksistentsi, kui see ei lähe eelnevate seadustega vastuollu.

Hiljem lisas Asimov nullindama seaduse, mis tõi inimkonna julgeoleku kõige olulisemale kohale.[3]

Aastal 1956 ühes ettevõtja ja leiutaja George C. Devoli ning insener Joseph F. Engelbergeri kohtumises, kus jututeema puudutas ka Asimovit tekkis idee luua tõeline ulmekirjanduse tähenduses töötav robot. Engelbergerer lõi ettevõtte "Unimation" ("universal automation" ehk universaalne automaatika), esimese toote nimeks sai "Unimate" ning see leidis rakendust General Motors autotehastes, kus tema töö oli survevalu ning keevituste tegemine.[4]

### 1.1.2 Robootika tänapäev

Robootikat võib leida väga paljudes valdkondades alates tööstusest ning teenindusest ning lõpetades sõjanduse, päästeoperatisoonide ning põlluharimisega. Küllaltki tänu robotitele on muutunud võimalikuks inimvaenulike keskkondade külastamine ning nende kohta informatsiooni kogumine avakosmoses, kuid tänapäevased robotid pole mõeldud ainult praktilisteks tegevusteks vaid võivad pakkuda lihtsalt meelelahutust või seltskonda.

Domineerivaks suunaks viimaste kümnendite jooksul on olnud inimestele tüütute või ohtlike tööde sooritamine robotitega, samamoodi nagu on robotiseeritud autotööstus. Uuemad arendused on toonud vabrikutesse mõeldud roboteid, kes suudavad ka üksteisele reageerida näiteks detailide ulatamisel ning võivad nende kokkupanemisel koostööd teha nagu Kawada humanoidilaadsed robotid nimetusega "Nextage". Ilmekaks näiteks, et robot võib toodete kokkupanemisel ka täielikult inimest asendada on Motoman "SDA10", mis ühes demonstratsioonis kontoritooli osadest kokku pani. Arengud toimuvad ka erinevate objektide identifitseerimise ning sorteerimise vallas. Sellised ülesanded seonduvad tihti tootmislintidega, millel olevaid objekte on vaja vastavalt kriteeriumitele ümber asetada. Liinitöötlemise rakendused näitavad üha enam suurenevaid kiirusi, pakkivad ja sorteerivad robotid nagu Adept Technology "Quattro s650" suudavad teha 300 liigutust minutis. Teise suuna pealt suureneb ka täpsus ja kohanemisvõime muudetud oludega, mille näiteks on ABB Robotics robotkäte katse metallist joogipurkidega, kus kuue alusele kinnitatud paki vahel liigutati kiirelt metallpulka ilma purkide vastu minemata, soorituse edukust ei vähendanud kas see kui teine robot purkidega alust juhuslikes suundades liigutas.

Tänu tehnoloogilisele arengule ja sellest tulenevatele suurematele arvutusvõimsustele on kasvamas humanoiditaoliste robotite hulk, kes suudavad liikuda kahel jalal nagu inimene, arendades mõnel juhul kiiruseid kuni 7 km/h nagu Toyota jooksev robot. Mõned kõndivad robotid suudavad ka hüpata ning säilitada tasakaalu ka siis kui neid lükatakse. Kätega robotid on võimelised haarama asju ning nendega tegevusi sooritama samasugusel viisil nagu inimesed, mõned nagu "HRP-4C" võivad välja näha väga inimese sarnased ning kopeerida ka inimemotsioone. Humanoidi tüüp on robootika seisukohast küllaltki ebaefektiivne, kuid tõenäoliselt leiavad nad rakendust rohkem meelelahutuses, kuid sama tehnoloogia võib pakkuda ka võimalusi asendada inimese kehaosi. Teised robotid oskavad edukalt valmistada süüa või hoolitseda koduaia eest.

Uute materjalide väljatöötamine lubab tulevikus tuua uue revolutsiooni ka robootikasse, kus roboti kuju ei ole enam fikseeritud vaid suudab keskkonnale vastavalt kohanduda, sellised robotid võivad liikuda läbi kitsaste piirkondade või omandada mõne kindla eseme kuju. Üks esimesi katsetusi selles vallas on iRobot "Blob Bot", mis välimuselt meenutab pigem bioloogilist eluvormi kui robotit ning suudab teda ümbritsevate silikoonmahutite veega täitmise ja tühjendamise abil (roboti keskosas asub vee reservuaar) oma kuju muuta ning ennast edasi liigutada. Tuleviku rakendused selles suunas puudutavad tõenäoliselt juba nanotehnoloogiat.[5]

Robootikas nähakse tulevikku ka sõjatööstuses, milles liikuvad rahad suudavad kindlasti ka uutele avastustele kaasa aidata. Aastal 2008 kasutas USA armee Iraagi ning Afganistani sõjas üle 12 000 roboti, peamiselt olid tegevused seotud lõhkeseadmete tuvastamise ning kahjutuks tegemisega, üheks selliseks on umbes muruniitja suurune "PackBot", mis kasutab liikumiseks ümber oma telje pöörlevaid labasi, millega on võimalik liikuda nagu roomikutega tank või kasutada neid üle takistuste ronimiseks ja ka vee all liikumiseks. Kirjeldatud roboteid kasutatakse demineerimisel. Rakendust leiavad ka väikesed mänguauto suurused seadmed, eelkõige luure eesmärkidel ning autode alt lõhkeseadeldiste kontrollimiseks. Tihti kasutatakse ka UAV (Unmanned Aerial Vehicle) ehk mehitamata lennuseadmeid positsioonide luuramisel ning pommitamisel. On olemas ka roboteid, mis suudavad kasutada tavarelvastust nagu M-16 automaatrelvad, näiteks SWORDS (Special Weapons Observation Reconnaissance Detection System) teised nagu mänguauto laadne luurerobot MARCBOT kannavad endaga kaasas miine, mis lõhatakse kui seade satub vastase kätte.[6]

Vaieldamatult viib tehnoloogiline progress üha keerulisemate ning suurema sooritusvõimega robotite väljatöötamiseni, ühelt poolt eesmärgiga hoida kokku inimressursse ja sooritada tegevusi, mis inimesele võimatuks või ohtlikuks osutuksid ning teiselt poolt leida efektiivseimaid mooduseid sõjapidamiseks ning avastada uut ning seni tundmatut avakosmoses.

## 1.2 Inimese leidmine

### 1.2.1 Kasutusalad

Ulmekirjanduses suhtlevad robotid tihti inimestega, kuid siiamaani pole reaalses maailmas veel inimese suhtlustasemini jõutud. Selleks, et suhtlemine oleks võimalik on vaja eelkõige õppida tuvastama inimese kohalolekut, jättes välja tulevikuvisioonid on inimeste leidmisele ning tuvastamisele rakendusi ka paljudes teistes valdkondades, antud töö keskendub eelkõige inimese kohaloleku tuvastamisele ning tema juurde jõudmisele jättes kõrvale konkreetse isiku identiteedi.

Mõnel juhul on tarvilik loendada inimesi, kes teatud ruumipunktist mööda liiguvad, need võivad olla nii statistika koostamise, näiteks kaubamajas külastajate arvu hindamiseks või ka turvaeesmärkidel. Viimase alla kuuluvad erinevad turva- ning signalisatsioonisüsteemid, kus inimese kohaloleku tuvastamine on küllaltki olulise tähtsusega kui see juhtub ajal ja kohas, kus keegi ei tohiks parasjagu viibida. Sellised süsteemid on staatilised ning ei tegele aktiivselt inimese leidmisega, see tähendab, et nende eesmärgiks pole inimese juurde jõudmine kuivõrd tema kohaloleku kindlaks tegemine kindlas ruumipiirkonnas.

Sõjandus ning päästeteenistus on kaks ala, kus inimese leidmine, selle esmatähenduses on oluline. Sõjalised eesmärgid on üldiselt seotud inimese tapmise või kahjutuks tegemisega, näiteks öösihikud relvadel või oma sihtmärki leidvad raketid. Sõjandusele vastanduvad päästeoperatsioonid, kus oluliseks on inimelude päästmine, selle alla kuulub varingute alla jäänute leidmine, kus kiirus on kriitilise tähtsusega. Maailma Kaubanduskeskuse kaksiktornide kokkuvarisemise järel töötas sündmuskohal üle 20 erineva eksperimentaalse roboti, kelle eesmärgiks oli leida rusude vahelt inimesi, liikudes alades, kus oli suur uute varingute oht või liiga kitsas, et sinna saaks siseneda päästemeeskond, tegemist oli ühe esimese korraga kui roboteid päästeoperatsioonides kasutati.[7] Mõnel teisel juhul tuleb leida kadunud inimesi metsast või lumelaviinide alt.

Kuigi inimese tasemel mõtlevad robotid on veel tulevik on alati võimalik luua illusiooni intelligentsist. Robotid pole alates esimestest robotilaadsetest nukkudest kaotanud oma eesmärki olla ka lihtsalt meelelahutus või huviäratav atraktsioon. Inimene märkab suurema tõenäosusega asju, mis omavad inimese või looma käitumuslikke omadusi, näiteks kohvimasin võib jääda üsna märkamatuks, kuid kui sinna lisada käed, mis teostavad operatsioone nagu inimene neid teeks on tegemist kahtlemata atraktiivsema lähenemisega. Samamoodi võib robot, mis suudab leida inimese ning reageerida tema liikumistele tekitada rohkem tähelepanu kui seade, mis leiab laualt üles teetassi arvestamata, et viimase rakenduse realiseerimine võib osutuda keerulisemaks. Kuigi demostratiivsetel eesmärkidel valmistatud robotitel pole vahetut praktilist rakendust on neil kaks olulist kaugeleulatuvat eesmärki, esiteks võimaldavad nad viia läbi katsetusi tehnoloogiatega, mis kunagi mujal võivad tõeliselt kasulikud olla ning teiseks aitavad tuua robootikaga tegelema uusi inimesi ning toetajaid. Paljud firmad, kelle põhiturg ning tootmissuund on hoopis mujal kasutavad roboteid enesereklaamieesmärkidel nagu Sony või Toyota.

Inimese leidmine ning ka tema tegevustele reageerimine on kindlasti suund, millele ka tulevikus palju tähelepanu pööratakse eriti tehisintellekti teooria ning mikroprotsessorite arenedes, olgu tegemist robotsõdurite või vestluskaaslastega. Lihtsamad rakendused inimkeha asukoha tuvastamise vallas eriti päästetöödel on oma leviku algfaasis, kuid arenemas.

### 1.2.2 Tehnoloogiad

#### 1.2.2.1 Infrapunakiirgus

Inimese leidmine infrapuna lainepikkusega kiirguse abil kasutades kasutab kas termokaameraid või üksikuid andureid, olenevalt rakendusest ning projekti eelarvest. Soojusenergia tajumisel kasutakse kahte tüüpi lähenemist: on energia ning footonite detektorid, viimased vajavad tööks jahutavat mehhanismi ning vaakumkeskkonda ning neid kutsutakse jahutatavateks ("cooled") sensoriteks, energia ehk jahutamata ("uncooled") detektorid seda ei vaja ning on seetõttu umbes kolmandik footonite detektorite hinnast, samuti vajavad footonite sensorid aastaringset hooldust ja kalibreerimist. Algselt omasid footonite sensorid oma tundlikkusega eelist, kuid vahe kahe tüübi vahel on viimastel aastatel vähenenud.[8]

Järgnev osa keskendub peamistele jahutamata tüüpi sensorite klassidele andes lühikese ülevaate kuna nende kasutamine on robootikas hinna ning vähese hooldusvajaduse tõttu mõistlikum. Oluline on eelkõige inimese kehatemperatuuri tajumine, mille lainepikkus jääb 10um piirkonda, seetõttu puuduvad nimistust fotodioodid, sest nende poolt registreeritav kiirgusvahemik on 200nm ja 1600nm vahel.[9] Infrapunakaameraid on üldjoontes kahte tüüpi, aktiivsed ning passiivsed. Aktiivsed kaamerad omavad eraldi infrapunakiirguse allikat öise nägemise tekitamiseks, ning seetõttu ei suuda objekte temperatuuri järgi eristada ning nende kasutamine inimese leidmisel vajab samalaadseid lahendusi nagu nähtava valgusega lähenemine. Teine oluliselt kasulikum tüüp antud ülesande vallas on passiivsed kaamerad, mis on võimelised tuvastama kehade endi poolt kiiratavat infrapunakiirgust, siia kuuluvad näiteks ferroelektriliste sensoritega ning mikrobolomeetritega kaamerad.

|  |  |
| --- | --- |
|  | ***Termomassiiv (thermopile)*** |
| Tuvastatav laineala | 200 - 20000 nm |
| Muutuv parameeter | pinge |
| Tööpõhimõte | Kaks erinevat materjali, mille erinev temperatuur tekitab nende vahel pinge (termoelektriline efekt). Ühe otsa külge on ühendatud infrapunakiirgust neelav materjal. (vt. "Termomassiiv: Devantech TPA81")  |
| Iseloomulikud omadused | Tundlikkuse parandamiseks peavad sisemised termopaarid olema hästi väliskeskkonnast isoleeritud, kuid kiireks reageerimiseks on vajalik hea soojusvahetus keskkonnaga. Pikslimassiivide suurused küllaltki väikesed. Odavamad kui kaamerad, täpsemad. |
| Kasutusalad | liikumise tuvastamine, temperatuuri mõõtmised (muuhulgas kõrva termomeetrid), mikrolaineahjud  |
|  | ***Püroelektriline (pyroelectric)*** |
| Tuvastatav laineala | 200 - 20000 nm |
| Muutuv parameeter | polarisatsioon |
| Tööpõhimõte | Temperatuuri muutus muudab materjali polarisatsiooni, mis muudab läbivat voolu. |
| Iseloomulikud omadused | Tajuvad ainult soojuse muutumist. |
| Kasutusalad | turvasüsteemid, liikumise tuvastamine |
|  | ***Ferroelektriline (ferroelectric)*** |
| Tuvastatav laineala | ? |
| Muutuv parameeter | polarisatsioon |
| Tööpõhimõte | Temperatuuri muutus muudab materjali polarisatsiooni |
| Iseloomulikud omadused | Suurem temperatuurivahemik kui mikrobolomeetritel, võib Päikesesse suunata, kuid pildikvaliteet halvem. |
| Kasutusalad | kaamerad |
|  | ***Mikobolomeeter (microbolometer)*** |
| Tuvastatav laineala | 8000-13000 nm |
| Muutuv parameeter | takistus |
| Tööpõhimõte | Mõõdetakse voolu konstantsel pingel või vastupidi. |
| Iseloomulikud omadused | Võimalik toota palju räniplaadile, sobib kaamerasensoritele. Töötavad toatemperatuuril ei vaja jahutamist nagu footonite sensorid. Odav kaameratehnoloogia. Dünaamiline temperatuurivahemik rohkem piiratud kui ferroelektrikutel, otsene päikesevalgus võib rikkuda sensori. Tundlikumad kui ferroelektrikud ja lubavad suuremat tuvastuskaugust. |
| Kasutusalad | kaamerad |

Tabel 1: Infrapuna sensorid[11,10,9,8]

Infrapunakiirguse kaudu inimese tuvastamine pole keeruline kui on teada, millises temperatuurivahemikus võib inimene sensorile nähtav olla, kuid tuleb arvestada ka soojusliku müraga ning juhuslike sama temperatuuriga kehadega, mistõttu võib kaamerate puhul olla vajalik lisa pilditöötluse rakendamine.

#### 1.2.2.2 Nähtav valgus

Nähtava valguse kasutamine tekitab probleeme kuna vaja on valgusallikat ning saadud tulemusi peab kindlasti pilditöölusmeetoditega töötlema, mis võib osutuda võrdlemisi arvutusmahukaks, autonoomsetel platvormidel on aga ressursid küllaltki piiratud. Lihtsamatel juhtudel võib olla tegemist kõigest inimkeha kuju või mõne tuntava visuaalse omaduse äratundmisega nagu silmad, kuid keerulisemates lahendustes on vajalik tuvastada ka üksikuid kehaosi, mis vajab andmebaasi võimalike kujundite äratundmiseks.

Eksisteerib palju erinevaid lähenemisi, mille efektiivsus sõltub rakendusest, näiteks võib otsida ainult liikuvaid objekte või tuvastada inimnaha värvi.

#### 1.2.2.3 Vähemlevinud alternatiivid

Inimese kohalolekut võib määrata ka hääle järgi, mis võib päästetöödel vajalikuks osutuda, sellisel juhul on vaja tunda ära inimhääl ja selle asukoht arvutada, kasutades mitut mikrofoni. Liikuvat inimest on võimalik tuvastada ka elektrivälja järgi, mida jalad kõndimisel tekitavad. Spetsiifilised lained iseloomustavad kõnnakut, mis on omane ainult inimesele. Sama meetodiga on kaugusest katseliselt suudetud lugeda lihtsat elektroodi kasutades inimese tehtud sammude arvu 99.4% täpsusega.[12] Võimalik on ka leidmine lõhna järgi, kui teda inimese kehalõhnade keemilist koostist.

## Viited

1. http://wordnetweb.princeton.edu/perl/webwn?s=robotics

2. http://www.shef.ac.uk/marcoms/eview/articles58/robot.html

3. http://inventors.about.com/od/roboticsrobots/a/RoboTimeline.htm

4. http://www.robotics.utexas.edu/rrg/learn\_more/history/

5. http://singularityhub.com/2009/12/22/a-review-of-the-best-robots-of-2009/#more-10151

6. http://www.wilsonquarterly.com/article.cfm?aid=1313

7. http://www.wired.com/science/discoveries/news/2001/09/46930

8 http://www.hurleyir.com/faqs.html

9. http://optical-technologies.info/?tag=thermopile

10. http://www.cctv-information.co.uk/i/Thermal\_Imaging

11. http://en.wikipedia.org/wiki/Microbolometer

12. http://adsabs.harvard.edu/abs/2007JAMDS...1..294T