****

**Predmet: Ergonomija**

**SEMINARSKI RAD**

|  |
| --- |
| Student: |
|  |
| Br. indeksa  |

**Niš, 20XX**

**ANTROPOMETRIJA**

**UVOD**

Dobar deo onoga što se danas kod nas projektuje zasniva se na prevaziđenim standardima, na korišćenju intuicije u rasuđivanju, na preporukama proizvođača, bez vođenja računa o veličini i dinamici tela. Još uvek se češće računa na sposobnost prilagođavanja čoveka nego što se ulažu napori za ergonomsko prilagođavanje opreme za rad. Primena ergonomije još uvek je izraženija u vojnom sektoru, dok je njena primena u svakodnevnom životu kao što je projektovanje unutrašnjeg prostora u našim domovima, kancelarijama, zdravstvenim ustanovama, školama ograničeno.

U skorije vreme konačno se uviđa da mašine i uređaji koji nisu prilagođeni mogućnostima čoveka predstavljaju smetnju za njihovo korišćenje i utiču ne samo na komfor, već i na ličnu bezbednost i zdravlje.

Veliki broj zemalja (Nemačka, Francuska, Engleska, Rusija, Amerika i druge) već je donelo nekoliko desetina ergonomskih standarda u kojima se definišu ergonomski podaci i precizira njihova primena u praksi. Kod nas se, zbog nepostojanja organizovanih merenja, ergonomski podaci najčešće određuju po ugledu na postojeća rešenja iz stranih izvora, što vrlo često može dovesti do pogrešnog projektovanja radnih mesta, mašina, uređaja ili opreme.

**ERGONOMSKI PODACI**

Ergonomsko projektovanje podrazumeva proces oblikovanja sistema čovek – mašina – okruženje (Č-M-O) na osnovu ergonomskih principa. Polaznu osnovu u ergonomskom projektovanju predstavljaju ergonomski podaci. To su svi oni elementi koji karakterišu ponašanje sistema Č-M-O ili njegovih delova. Prema izvoru ergonomski podaci mogu biti:

1. **Egzaktni ergonomski podaci** – to su svi oni elementi koji definišu građu čovekovog tela i odnose se na populaciju kojoj pripada ispitivani uzorak, a dobijaju se antropometrijskim i biomehaničkim merenjima;
2. **Empirijski ergonomski podaci** – to su fiziološki, psihološki i psihofiziološki parametri dobijeni eksperimentalno na relativno malom uzorku i manje su precizni. To su podaci koji definišu mentalne, senzorne, energetske i druge osobine čoveka;
3. **Izvedeni ergonomski podaci** – dobijeni tranformacijom predhodnih podataka, zbog čega im osobine zavise od osnovnih podataka iz kojih su izvedeni.

Prema uzorku iz koga su dobijeni ergonomski podaci mogu biti namenjeni projektovanju za opštu, posebnu i specijalnu populaciji. Ergonomski podaci za opštu populaciju dobijaju se na veoma velikom uzorku po svim osobinama koje se javljaju u opštoj populaciji (pol, godine starosti, zanimanje i sl.). Sužavanjem reprezentativnosti uzorka oko neke dominantne osobine dobijaju se podaci za posebnu populaciju (na primer podaci koji se odnose samo na mušku ili samo na žensku populaciju, na određeni uzrast i sl.). Daljim smanjivanjem reprezentativnosti uzorka i dodatnih merenjem dobijaju se podaci o specifičnoj populaciji čije pojedine osobine nisu mogle biti obuhvaćene opštim merenje (na pr. levoruki i sl.).

**ANTROPOMETRIJSKA MERENJA**

Antropometrija je grana antropologije, nauke o biološkom aspektu čovekove prirode. Antropometrija je nauka koja se bavi utvrđivanjem dimenzija ljudskog tela i pojedinih njegovih delova, kao i korelacija između tih dimenzija. Antropometrijske metode i tehnike našle su svoju punu primenu u ergonomiji. Antropometrijska merenja vrše se standardnim instrumentima po utvrđenoj metodologiji, kako bi se dobijeni podaci mogli upoređivati. Antropometrija se bavi merenjem svih statičkih i dinamičkih parametara čoveka tako da razlikujemo:

1. **statičku antropometriju** koja se bavi merenjem čovekovih kvantivativnih karakteristika snimajući telo u nepokretnom stanju. Ovi podaci su upotrebljivi ukoliko proučavamo prostor u kome je čovek miran ili se neznatno pokreće, i
2. **dinamičku antropometriju** koja istražuje ljudsko telo u pokretu, pri obavljanju neke aktivnosti. Predmet istraživanja dinamičke antropometrije su dimenzije tela u pokretu, uglovi međusobno korespondirajućih delova tela, granice dohvata i sl.

**ANTROPOMETRISKA LISTA**

U literaturi skoro da ne postoje dve iste ili slične zbirke antropometrijskih podataka. Drayfuss (Drayfuss, 1967) u svojoj zbirci prikazuje 130 antropometrijskih (posebno za mušku i za žensku populaciju, kao i za decu) i nekoliko stotina takozvanih aplikativnih podataka. Batogowska i Slowikovski (Batogowska, 1974) u svom atlasu navode 182 antropometrijska podatka (statička i dinamička). Iako postoji više lista antropometrijskih merenja najčešće su korišćenje lista Svetske zdravstvene organizacije i lista antropometrijskih merenja po Grieco-u i Massalli-u.

Pre svakog antropometrijskog merenja neophodno je odrediti položaje antropometrijskih tačaka na telu. Bez obzira gde se nalaze, antropometrijske tačke mogu biti fiksne i virtualne. Fiksne antropometrijske tačke su one koje su lokalizovane uvek na istom delu tela. Jasno su uočljive, jer se nalaze iznad ili u neposrednoj blizini nekog palpatacijom pristupačnog dela tela. Virtualne antropometrijske tačke karakteriše promena njihovog položaja obzirom na položaj tela, tako da zavise od ravni na kojoj se ispitanik nalazi pri merenju. Nije uvek moguće tačno odrediti njihov položaj i to umnogome zavisi od uvežbanosti onoga ko vrši merenje.

Lista antropometrijskih merenja Svetske zdravstvene organizacija sadrži 15 merenja, a sačinjena je vodeći računa o prilagođenosti radnog prostora, oruđa i kontrola samom radniku. Lista Svetske zdravstvene organizacije sastoji se od sledeći mera:

1. visina tela;
2. sedeća visina;
3. telesna masa;
4. dužina nadkolenice (buttock – knee);
5. dužina potkolenice;
6. širina u području lakta;
7. bitrohanterična širina pri sedenju;
8. dužina nadkolenice (buttock – poplietal lenght)
9. dužina podkolenice (popliteal height);
10. visina bedra;
11. dužina nadlaktice;
12. dužina podlaktice;
13. dužina šake;
14. širina šake;
15. obim stisnute šake.

Najpodesnija lista za ergonomsko projektovanje je lista po Grieco-u i Massalli-u, koja sadrži ukupno 33 mere. Njena prednost je u tome što se indirektno, naknadnim sabiranjem ili oduzimanjem pojedinih varijabli može izračunati još dvadeset varijabli. Definicije i načini merenja svake antropometrijske varijable dati su u knjizi Ergonomsko projektovanje (Grozdanovic M, 1999).

**INTERPRETACIJA ANTROPOMETRIJSKIH PODATAKA**

Podaci dobijeni antropometriskim merenjima na prethodno izloženi način predstavlja sirovu statističku građu. Za potrebe ergonomskog projektovanja neophodno je izračunati aritmetičku sredinu ili srednju vrednost ($\overbar{X}$), standardnu devijaciju (SD, σ) i centilne veličine antropometrijskih varijabli.

Aritmetička sredina je statistička mera kojom se iskazuju homogene veličine. Aritmetička sredina izračunava se tako što se saberu sve vrednosti pomenutog obeležja, pa se dobijeni zbir podeli brojem tih vrednosti.

Standardna devijacija – σ iskazuje gustinu grupisanja podataka oko aritmetičke sredine. Dobija se kao kvadratni koren iz količnika zbira kvadratnih odstupanja svake izmerene vrednosti od aritmetičke sredine i broja podataka (ispitanika):

Standardna devijacija izražava se istim jedinicama mere kojima se mere i same vrednosti posmatranih obeležja. Statistička obrada antropometrijskih podataka pokazuje da oni imaju tendenciju grupisanja i ravnomernog rasipanja oko srednje vrednosti, tj. da podležu normalnoj raspodeli, koja se može prikazati Gausovom krivom distribucije.



Smisao ove linije zvonastog oblika je da se veliki procenat raspodele nalazi negde u sredini, uz nekoliko ekstrema na oba kraja skale. Međutim, prosečne dimenzije su statistička sredstva koja ukazuju da je, u populaciji ispitanika čije su dimenzije tela merene, oko 50 % imalo neku specifičnu telesnu meru određene veličine ili manju. Očigledno je da nijedna osoba nije prosečna u pogledu svih svojih telesnih dimenzija. Projekat baziran na „prosečnom čoveku“ isključuje najmanje 50 % korisnika, što je daleko od zadovoljavanja većine ljudi, čemu teži ergonomija. Kako su prosečne vrednosti od male koristi za projektanta, potrebno je koristiti raspon vrednosti. Zbog toga se antropometrijski podaci izražavaju preko takozvanih centrila (percentila). Koje ćemo parove centrila koristiti (na pr. prvi i devedeset deveti, peti i devedeset peti, dvadeset peti i sedamdeset peti) zavisi od procenta populacije koji želimo da zadovoljimo pri projektovanju. Svakom centilu pripadaju odgovarajući koeficijenti, prikazani u tabeli 1.

**Centilom** se izražava procenat populacije koji sigurno ima manju vrednost antropometrijske veličine od one koja pripada datom centilu. Bilo koji centil može se izračunati pomoću sledećeg obrasca:

gde je

$\overbar{X}$ – aritmetička sredina antropometrijske varijable (C50);

kx – koeficijent koji odgovara datom centilu (tablična vrednost iz tabele 1);

σ – standardna devijacija.

U praksi se najčešće radi sa takozvanim centilima praga (petim i devedesetpetim centilom). na primer, ako petom centilu visine čoveka pripada vrednost od 160 cm, tada je sigurno 5 % populacije niže od ove vrednosti, a 95% više; ako devedesetpetom centilu dohvata ruku odgovara vrednost od 85 cm, tada samo 5% populacije ima veći dohvat, a 95% sigurno manji. Ako se, na primer, projektom traži da korisnik dohvati nešto, trebalo bi koristiti podatke za peti centil. Zavisno od prirode problema projektovanja, projektovani proizvod bi trebalo da zadovolji peti ili devedesetpeti centil, kako bi se najveći broj korisnika mogao njime udobno koristiti.

U nekim situacijama potrebno je u projekat uključiti sposobnost podešavanja ili regulacije (na primer visine sedišta). Ovaj raspon se izražava kao:



gde je

R – oblast regulacije;

kx – koeficijent koji odgovara datom centilu (tablična vrednost iz tabele 1);

σ – standardna devijacija.

Oblast regulacije predstavlja jednu od najvažnijih konstruktivnih veličina koja se određuje u toku ergonomskog projektovanja. U interesu ergonomije portebno je težiti što većim oblastima regulacije, što nije uvek moguće iz ekonomskih, tehnoloških ili drugih razloga.

Kako se antropometrijska merenja vrše na desnoj strani tela ili na nagim ispitanicima, u stvarnih radnim uslovima potrebno je antropometrijske varijable korigovati obzirom na odeću i obuću. Neke od korekcija su date u tabeli 2.

**Tabela 1.** Tablične vrednosti za izračunavanje centila

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cx** | **1** | **5** | **10** | **25** | **75** | **90** | **95** | **99** |
| **Kx** | **-2,33** | **-1,64** | **-1,28** | **-0,67** | **+0,67** | **+1,28** | **+1,64** | **+2,33** |

**Tabela 2.** Korekcije antropometrijskih veličina u stvarnim radnim uslovima

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Radni položaj** | **Varijabla** | **Korekcija (mm)** |
| Stojeći položaj | Visina telaVisina očijuVisina lakta | +25 za muške cipele+76 za ženske cipele+33 za muške čizme |
| Visina ramena | +25 za muške cipele+76 za ženske cipele+33 za muške čizme+6 za lako odelo+33 za punije odelo |
| Širina kukova | +13 za lako odelo+38 za punije odelo |
| Širina tela između laktova | +13 za lako odelo+51 za punije odelo+114 za zimsko odelo |
| Sedeći položaj | Visina očiju | +6 do 8 za punije odelo |
| Visina ramena | +6 za lako odelo+25 za punije odelo |
| Visina kolena | +25 za muške cipele i lako odelo+38 za muške čizme i punije odelo |
| Širina kukova | +13 za lako odelo+25 za punije odelo |
| Za sve položaje | Širina ramena | +8 za lako odelo+38 za punije odelo |
| Dužina stopala | +30 za muške cipele+41 za tešku obuću (radnu ili zimsku) |
| Dohvat rukama unapred | -6 za lako odelo-5 za lake rukavice-13 za punije rukavice i zimsko odelo |

**PRIMENA ANTROPOMETRIJSKI PODATAKA**

Statička i dinamička antropometrijska merenja daju podatke o nekim morfološkim svojstvima određene populacije. Pogrešno je smatrati da je glavni zadatak antropometrije jednostavno izmeriti dimenzije tela. Postoji mnogo faktora koji komplikuju stvari. Jedan od tih faktora je varijabilnost veličine tela sa godinama života, polom, rasom, pa čak i profesijom, tako se sa starošću neke dimenzije tela, posebno dužine, smanjuju, dok se telesna masa, širine i obimi tela povećavaju. Socioekonomski faktori takođe značajno utiču na dimenzije tela. Zanimljivo je da ove veličine variraju i u toku dana. Ujutru je čovek viši za oko 2 cm u odnosu na kraj radnog dana. Posle velikih fizičkih napora čovek može biti niži čak za oko desetak centimetara (na pr. maratonci posle trke).

Rezultati antropometrijskih ergonomskih istraživanja u nekoj populaciji direktno se primenjuju za ispravnu industrijsku proizvodnju niza predmeta, za proizvodnju razne opreme, za projektovanje prostora u kome borave ljudi. Dobijeni antropometrijski podaci čine polaznu osnovu kako za projektovanje novih sistema, mašina, uređaja i alata, tako i za proveru podobnosti postojećih. Koje će se antropometrijske veličine koristiti pri ergonomskom projektovanju zavisi prvenstveno od vrste rada koji će se obavljati u takozvanom stanju aktivnog rada. Pored toga, izbor antropometrijske veličine zavisi od niza faktora kao što su oblik uređaja, njegov zadatak, ko i kako će upravljati uređajem. Zato svako ergonomsko antropometrijsko istraživanje zahteva primenu nekih specifičnih merenja, kao i određivanje nekih novih parametara potrebnih za utvrđivanje morfoloških osobenosti ljudskog tela ili nekog njegovog dela u odnosu na određenu svrhu. Istovremeno merenja moraju biti sprovedena i na specifično odabranom uzorku koji sa biološkog, regionalnog i socijalnog stanovništa odgovara onom delu stanovništva za koga se projektuju radnog mesta ili alata i oprema. Na primer, pri projektovanju kancelarijskog prostora od male koristi će biti mera kao što je obim vrata, dok je ista od vitalnog značaja za proizvođače konfekcije ili zaštitne odeće.

Međutim, podaci dobijeni antropometrijskim merenjima samo su jedan od mnogih izvora informacija. bilo bi opasno tabelarnim podacima zameniti zdrav razum, ali takođe neophodno je upoznati se sa ergonomskim podacima, zahtevima i metoda ergonomskog projektovanja ukoliko želimo da poboljšamo kvalitet, komfor i bezbednost radnog i životnog prostora.

**UPUTSTVO ZA IZRADU VEŽBE**

Na osnovu izmerenih vrednosti, unetih u tabelu 3, izračunati vrednosti antropometrijskih veličina za zadatu centilnu grupu i uneti ih u tabelu 4.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Grupa** | **Zadati interval** | **Procenat obuhvata** |
| **I** | **±2,33** | **99** |
| **II** | **±1,64** | **95** |
| **III** | **±1,28** | **90** |
| **IV** | **±0,84** | **80** |
| **V** | **±0,67** | **75** |
| **VI** | **±0,52** | **70** |

**Tabela 3.** **Izmereni antropološki podaci**

|  |  |
| --- | --- |
| **Antropometrijska varijabla** | **X1,2,3,…..n** |
| Težina tela |  |
| Visina tela u sedećem položaju |  |
| Visina tela u stojećem položaju |  |
| Visina oka u sedećem polažaju |  |
| Visina ramena – sedeći položaj |  |
| Visina lopatice – sedeći položaj |  |
| Visina lakta – sedeća |  |
| Visina sedalnog predela |  |
| Visina vrha kolena |  |
| Dužina ruke |  |
| Dužina podlaktice |  |
| Dužina nadlaktice |  |
| Dužina stopala |  |
| Dužina natkolenice |  |
| Donja dužina natkolenice |  |
| Dužina potkolenice, donja |  |
| Širina između laktova |  |
| Širina kukova |  |
| Širina ramena |  |
| Obim grudnog koša |  |

**Tabela 4. Izračunate vrednosti antropometrijskih podataka za centilnu grupu (5-95)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Antropometrijska varijabla** | $$\overbar{X}$$ | **X1, X5, Xmin** | **X99, X95, Xmax** | **σ** |
| Težina tela |  |  |  |  |
| Visina tela u sedećem položaju |  |  |  |  |
| Visina tela u stojećem položaju |  |  |  |  |
| Visina oka u sedećem polažaju |  |  |  |  |
| Visina ramena – sedeći položaj |  |  |  |  |
| Visina lopatice – sedeći položaj |  |  |  |  |
| Visina lakta – sedeća |  |  |  |  |
| Visina sedalnog predela |  |  |  |  |
| Visina vrha kolena |  |  |  |  |
| Dužina ruke |  |  |  |  |
| Dužina podlaktice |  |  |  |  |
| Dužina nadlaktice |  |  |  |  |
| Dužina stopala |  |  |  |  |
| Dužina natkolenice |  |  |  |  |
| Donja dužina natkolenice |  |  |  |  |
| Dužina potkolenice, donja |  |  |  |  |
| Širina između laktova |  |  |  |  |
| Širina kukova |  |  |  |  |
| Širina ramena |  |  |  |  |
| Obim grudnog koša |  |  |  |  |

**Za datu vrednost koeficijenta k i sedeći radni položaj izračunati sledeće:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **1. Odrediti visinu stola H** |  |  |  |
| Visina stola može se odrediti iz uslova da je potrebno da visina stola bude jednaka visini lakta za korisnike iz pedesete centilne grupe |
| **H=Hsp50+Hl50** |  |  |  |  |
| **H** - visina stola |  |  |  |  |
| **Hsp50** - visina sedalnog predela za 50 centila |  |
| **Hl50** - visina lakta za 50 centila |  |  |
| **2. Odrediti visinu sedišta Hs i oblast regulacije R** |
| Visina sedišta je regulišuća veličina. Oblast regulacije nalazi se iz uslova da je potrebno da visina lakta bude jednaka visini stola za sve korisnike.  |
| Početna visina sedišta jednaka je visini sedalnog predela za 50 centila |
| **Hs=Hsp50** |  |  |  |  |  |
| **Hs** - visina sedišta |  |  |  |  |
| **Hsp50** - visina sedalnog predela za 50 centila |  |
|  |  |  |  |  |  |
| **Oblast regisanja sedišta jednaka je** |  |  |
| **2R=Hlmax-Hlmin** |  |  |  |  |
| **R** - oblast regulacije |  |  |  |
| **Hlmax** - visina lakta maksimalnog centila 95 |  |
| **Hlmin** - visina lakta minimalnog centila 5 |  |
|  |  |  |  |  |  |
| Da bi visina stola odgovarala korisniku iz grupe do Xmin potrebno je da se sedište podigne za R, dok korisnik iz grupe preko Xmax mora da spusti sedište za R |
|  |  |  |  |  |  |
| Provera visine sedišta za korisnike iz grupe do Xmin |
| **H=Hs+R+Hlmin** |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| Provera visine sedišta za korisnike iz grupe preko Xmax |
| **H=Hs-R+Hlmax** |  |  |  |  |
| **3. Odrediti širinu sedišta Bs** |  |  |  |
| Širina sedišta mora odgovarati širini kukova korisnika maksimalnog centrila Xmax |
| **Bs=Bkmax** |  |  |  |  |  |
| **Bs** - širina sedišta |  |  |  |  |
| **Bkmax** - širina kukova maksimalnog centila Xmax |  |
| **4. Odrediti visinu naslona Hn** |  |  |
| Visina naslona stolice se određuje na osnovu 50 centila visine lopatice korisnika |
| **Hn=Hl50** |  |  |  |  |  |
| **Hn** - visina naslona |  |  |  |
| **Hl50** - visine lopatice 50 centila |  |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **5. Odrediti širinu naslona Bn** |  |  |
| Širina naslona se određuje tako da odgovara širini ramena korisnika iz grupe 50 centila |
| **Bn=Br** |  |  |  |  |  |
| **Bn** - širina naslona |  |  |  |  |
| **Br** - širina ramena 50 centila |  |  |  |
| **6. Odrediti visinu podmetača za noge Hp** |  |  |  |
| Podmetač za noge potreban je korisnicima iz centilnih grupa do Xmin obzirom da oni podižu  |
| sedište zbog nemogućnosti regulisanja visine stola, tako da im stopala ne dodiruju pod. |
| Njegova visina se izračunava kao |  |  |  |  |
| **Hp=Hs50+R-Hspmin** |  |  |  |  |  |
| **Hp** - visina podmetača za noge |  |  |  |  |
| **Hsp50** - visina sedišta 50 centila |  |  |  |
| **R** - oblast regulacije sedišta |  |  |  |  |
| **Hspmin** - visina sedalnog predela korisnika iz grupe minimalnog centila |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Oblast regulisanja sedišta jednaka je** |  |  |  |  |
| **2R=Hlmax-Hlmin** |  |  |  |  |  |
| **R** - oblast regulacije |  |  |  |  |
| **Hlmax** - visina lakta maksimalnog centila |  |  |
| **Hlmin** - visina lakta minimalnog centila |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Da bi visina stola odgovarala korisniku iz grupe do Xmin potrebno je da se sedište  |
| podigne za R, dok korisnik iz grupe preko Xmax mora da spusti sedište za R |
| Provera visine sedišta za korisnike iz grupe do Xmin |  |  |
| **H=Hs+R+Hlmin** |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Provera visine sedišta za korisnike iz grupe preko Xmax |  |  |
| **H=Hs-R+Hlmax** |  |  |  |  |  |  |
| **7. Izračunati dužinu radnog stola L obzirom na mogućnost dohvata svih tačaka na radnoj površini** |
|  |  |  |
| **L** - dužina stola |  |  |  |  |
| **Lrmin** - dužina ruke korisnika iz grupe Xmin |  |
| **Hrmin** - visina ramena korisnika iz grupe Xmin |  |
| **Hlmin**- visina lakta korisnika iz grupe Xmin |  |
| **l** - odstojanje od vertikalne površine stola do ose tela, koje se izračunava kao |
| Obim grudnog koša **O=2rπ** odakle sledi da je **2r=O/π** a **2r=Dgk** |  |  |  |  |  |
| **l=Dgk/2+2÷3 cm** |  |  |  |  |
| **Dgk** - prečnik grudnog koša |  |  |  |
| **2÷3 cm** - dodatak zbog debljine odeće |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |