

POGLAVLJE 1

MERENJA NA AUTOMATSKIM METEOROLOŠKIM STANICAMA (AMS)

1.1 OPŠTI DEO

1.1.1 Definicija

Automatska meteorološka stanica (AMS) se definiše kao „meteorološka stanica na kojoj se osmatranja vrše i prenose automatski“ (SMO, 1992a).

Na automatskim meteorološkim stanicama merenje koja izvrše instrumenti se očitava ili prima preko centralne jedinice za dobijanje podataka. Podaci prikupljeni sa autonomnih mernih uređaja se mogu obradivati na licu mesta na AMS ili na nekom drugom mestu, npr. na centralnom procesoru mreže (SMO, 1989a). Automatske meteorološke stanice mogu biti dizajnirane kao integrisani koncept različitih mernih uređaja u kombinaciji sa jedinicama za prikupljanje i obradu podataka. Takav kombinovani sistem instrumenata, interfejsa i jedinica za obradu i prenošenje se obično naziva automatski meteorološki osmatrački sistem (AMOS) ili automatizovani prizemni osmatrački sistem (APOS). Postalo je uobičajeno nazivati takav jedan sistem AMS, mada to nije „stanica“ koja je u potpunosti u skladu sa navedenom definicijom. Ipak, u celom ovom poglavlju pominjanje AMS se može odnositi na ovakav jedan sistem.

1.1.2 Svrha

Automatske meteorološke stanice se odnose na povećavanje broja i pouzdanosti prizemnih osmatranja. Ovo se postiže

- (a) Povećavanjem gustine postojeće mreže obezbeđivanjem podataka sa novih lokacija i sa lokacija kojima je teško prići i koje su negostoljubive;
- (b) Obezbeđivanjem, za stanice sa osmatračima, podataka van normalnih radnih časova;
- (c) Povećavanjem pouzdanosti merenja korišćenjem složene tehnologije i modernih, digitalnih tehnika merenja;
- (d) Obezbeđivanjem homogenosti mreža standardizovanjem mernih tehnika;
- (e) Zadovoljavanjem novih osmatračkih potreba i zahteva;
- (f) Smanjivanjem ljudskih grešaka;
- (g) Smanjivanjem operativnih troškova smanjivanjem broja osmatrača;
- (h) Merenjem i izveštavanjem sa visokom učestalošću ili neprekidno.

1.1.3 Meteorološki zahtevi

Opšti zahtevi, vrste, lokacija i sastav, učestalost i vreme osmatranja su opisani u SMO (1988a; 2003a).

Uzimajući u obzir da su AMS u potpunosti prihvatljivi pri obezbeđivanju podataka sa preciznošću koja se može porediti sa onom kod konvencionalnih stanica, zahtevi za preciznošću dati u delu I, poglavlje 1 Uputstva takodje se mogu primenjivati i na AMS, tamo gde to odgovara,.

Smernice iz ovog poglavlja moraju se koristiti u saradnji sa poglavljima o merenju različitih meteoroloških promenljivih u delu I i posebno kod poglavlja o upravljanju kvalitetom (poglavlje 1), uzimanju uzoraka (poglavlje 2) i redukovanju podataka (poglavlje 3) u delu III.

Razvoj i instaliranje AMS treba da bude rezultat definisanog koordinisanog plana za dobijanje podatka za korisnike u traženom formatu. Da bi se ovo postiglo, treba prvo pregovarati sa korisnicima oko pravljenja spiska svih funkcionalnih zahteva i razvijanju praktičnih načina da se oni ispune.

Pored toga, nije uvek moguće osloniti se na zadovoljavajući način na isporučioce opreme kod određivanja operativnih zahteva. Komisija za instrumente i metode osmatranja (CIMO) daje sledeći savet članicama SMO i, shodno tome, i svakoj službi koja vrši meteorološka merenja.

Pri razmatranju uvođenja novih AMS sistema instrumenata meteorološke službe treba da: **1**

- (a) uvedu u korišćenje samo one sisteme koji su dovoljno dobro dokumentovani tako da obezbeđuju adekvatno znanje i razumevanje njihovih svojstava, karakteristika i svih korišćenih algoritama;
- (b) zadrže ili razviju dovoljno tehničko znanje koje bi im omogućilo da procene da li odgovaraju svojstva i karakteristike takvog sistema i u njima korišćeni algoritmi; **2**

Preporuke Komisije za instrumente i metode osmatranja, donesene na 12. sednici (1998) u formi Preporuke br. 2 (CIMO-XII)

² Preporuke Komisije za instrumente i metode osmatranja, donesene na 12. sednici (1998) u formi Preporuke br.2 5 (CIMO-XII)

- (c) U potpunosti ispitati zahteve korisnika i angažovati korisnike u dizajn sisteme AMS;
- (d) Angažovati korisnike u validaciji i proceni novih automatskih sistema;
- (e) Angažovati proizvođače u proceni sistema i potrebi za poboljšavanjem njihovih performansi;
- (f) Razviti detaljna uputstva i dokumentaciju o sistemima radi podrške svim korisnicima ;
- (g) Razviti adekvatne programe za podršku održavanju i baždarenju AMS;
- (h) Konsultovati i saradivati sa korisnicima, kao što su vazduhoplovne vlasti, tokom celog procesa od AMS dizajna i postavljanja do operativnog korišćenja;
- (i) Razviti i primeniti metode izveštavanja za nacionalno korišćenje za prilagodjavanje osmatranja nastalih na osnovu i tradicionalnih i automatizovanih sistema.

Što se tiče automatizovanja tradicionalnih vizuelnih i subjektivnih osmatranja i budućih promena u šifri izveštavanja, meteorološke službe treba da poboljšaju svoju definiciju zahteva u pogledu sledećeg: **3**

- (a) Oblasti primene za koje podaci nisu više potrebni;
- (b) Oblasti primene za koje su potrebni različiti ili novi podaci;
- (c) Određjivanje prioriteta zahteva za podacima koje AMS treba da obezbedi.

U razmatranju razvoja i primene algoritama za AMS, meteorološke službe treba da: **4**

- (a) Podstaknu dizajnere instrumenata i sistema na blisku saradnju sa relevantnim korisnicima u potpunom razumevanju potreba i briga korisnika;
- (b) Rade zajedno sa dizajnerima sistema na objavi i cirkulisanju, za široku upotrebu i moguću standardizaciju, opisa algoritama za obradu podataka koji su korišćeni u njihovom sistemu radi dobijanja meteoroloških promenljivih veličina;
- (c) Da testiraju i detaljno procene nove algoritme i sisteme koji se uvode i da korisnicima osmatranja cirkulišu rezultate testova u obliku karakteristika performansi;
- (d) Da detaljno procene, pomoću testiranja na terenu i međusobnog poredjenja, odnos novih algoritama i sistema na prethodne metode, i da uspostave funkcije transfera za korišćenje u obezbedjivanju kontinuiteta i homogenosti podataka kao i da ove podatke šalju korisnicima.

³ Preporuke Komisije za instrumente i metode osmatranja, donesene na 12. sednici (1998) u formi Preporuke br.52 (CIMO-XII)

⁴ Preporuke Komisije za instrumente i metode osmatranja, donesene na 12. sednici (1998) u formi Preporuke br. 2 (CIMO-XII)

1.1.4 Klimatološki zahtevi ⁵

Kada predložena automatska stanica ima ulogu u obezbeđivanju podataka za klimatološke arhive, važno je za integritet, homogenost i korisnost setova klimatskih podataka da se razmotre aktivnosti u sledećim oblastima (vidi SMO, 1993):

- (a) U slučaju kada neka AMS zameni manuelni osmatrački sistem koji se koristio dugo vremena, mora se obezbediti dovoljno preklapanje u osmatračkim sistemima radi olakšavanja održavanja homogenosti istorijskih arhiva. ⁶ Vreme preklapanja zavisi od različitih izmerenih promenljivih veličina i od klimatskog regiona. U tropskim regionima i na ostrvima, vreme preklapanja bi moglo biti kraće nego u vantropskim i planinskim regionima. Predlažu se sledeće opšte smernice za određivanje dovoljnog operativnog preklapanja između postojećih i automatizovanih sistema:
 - (i) Brzina i pravac vetra: 12 meseci
 - (ii) Temperatura, vlažnost, osunčanost: 24 meseca
 - (iii) Padavine: 60 meseci(Često će biti korisno imati jedan operativan ombrometar u isto vreme kad i automatski kišomer). Koristan kompromis bi bio period preklapanja od 24 meseca (npr. dva sezonska ciklusa);
- (b) Korisne metapodatke treba čuvati za svaku AMS instalaciju; ⁷
- (c) Procedure treba da budu standardizovane radi obezbeđivanja kvaliteta i obradu podataka sa AMS (vidi odeljak 1.3.2.8);
- (d) Postojeći i budući zahtevi korisnika klimatskih podataka treba da se precizno definišu i razmotre pri formiranju zahteva za automatskim osmatranjem na AMS; ⁸
- (e) Korisnici podataka o klimi treba da budu obučeni za najefikasnije korišćenje AMS podataka; ⁹

⁵ Preporuke Komisije za instrumente i metode osmatranja, donesene na 12. sednici (1998) u formi Preporuke br.32 (CIMO-XII)

⁶ Videti takodje SMO (1989a), odeljak 3.2.1.4.4.4 (c) „jedna godina paralelnih merenja nije dovoljna; tri godine su minimum, a najbolji je period od 5 godina“.

⁷ Videti Deo I, glava 1, odeljak 1.1.3.

⁸ Videti Deo I, glava 1, Aneks 1.B.

⁹ Npr. videti SMO (1997), narocito Deo II – „Primena i razmatranje obuke korisnika

- (f) Treba napraviti specifikacije za standardizovane klimatološke AMS koje bi beležile osnovni set klimatskih promenljivih veličina kao što je temperatura, padavine, pritisak i vetar. Treba uključiti standardizovana merenja vodene pare zbog značaja ovog parametra u proučavanju klimatskih promena. Ekstremne vrednosti svih promenljivih treba da se tačno i konzistentno beleže na način koji može da se precizno poveže sa starijim, manuelno osmotrenim podacima. 10

1.1.4 Vrste automatskih meteoroloških stanica

Automatske meteorološke stanice se koriste da zadovolje nekoliko potreba, od jednostavne pomoći osmatraču na stanicama sa osmatračima do potpunog zamenjivanja osmatrača na potpuno automatizovanim stanicama. Moguće je klasifikovati AMS u jedan broj funkcionalnih grupa; one se često preklapaju, međutim, a tada se remeti klasifikacija. Opšta klasifikacija bi mogla da uključi stanice koje obezbeđuju real-time podatke i one koje beleže podatke za non-real-time ili off-line analize. Nije, međutim, uobičajeno da obe ove funkcije obavlja jedna ista AMS.

Real-time AMS: Stanica koja obezbeđuje real-time podatke za korisnike meteoroloških usluga, obično u unapred programirano vreme, ali takodje i u urgentnim situacijama ili na spoljni zahtev. Tipično real-time korišćenje neke AMS je obezbeđivanje sinoptičkih podataka i monitoring važnih situacija sa upozoravanjem kao što su to oluje ili nivoi reka ili plime.

Off-line AMS: Stanica koja beleži podatke na lokaciji na internim ili eksternim uređajima za čuvanje podataka potencijalno kombinovanih sa prikazivanjem samih podataka. Intervencija osmatrača je potrebna da se arhivirani podaci pošalju korisniku podataka na daljinu. Tipične stanice su klimatološke i jednostavne stanice gde je to pomoć osmatraču.

Obe vrste stanica se mogu po želji postaviti tako da imaju i manuelno ubacivanje i za kontrolu vizuelnih ili subjektivnih osmatranja koja još uvek ne mogu da budu potpuno automatizovana. Ovo uključuje sadašnje ili prošlo vreme ili osmatranja koja uključuju visoke troškove, kao što je visina oblaka i vidljivost. Takva jedna stanica se može opisati kao delimično ili polu-automatizovana.

Pošto AMS mogu da budu veoma skupe, mogućnosti stanice se takodje mogu koristiti za zadovoljavanje uobičajenih i specifičnih potreba i zahteva nekoliko primena, kao što su sinoptička, vazduhoplovna i poljoprivredna meteorologija, hidrologija i klimatologija. One se takodje mogu koristiti za specijalne svrhe, kao što je bezbednost nuklearne energije, kvalitet vazduha i vode i saobraćajna meteorologija. Neke AMS su, dakle višenamenske AMS.

1.1.6 Rad u mreži

Jedna AMS obično čini deo mreže meteoroloških stanica gde svaka prenosi pomoću različitih načina za prenošenje podataka svoje obradjene podatke centralnom mrežnom sistemu za obradu. Pošto su zadaci koje ovaj centralni sistem treba da izvrši jako povezani i često komplementarni sa zadacima AMS, funkcionalni i tehnički zahtevi oba sistema, centralnog i AMS, treba da budu dobro koordinisani.

Kada se planira instaliranje i rad mreže AMS od najvećeg je značaja razmotriti razne probleme koji su vezani za mogućnosti održavanja i baždarenja, njihove organizacije, obuke i obrazovanja tehničkog osoblja. Razmatranja gustine mreže su izvan dometa ovog Uputstva pošto to zavisi od specifičnih aplikacija. Međutim, optimalnost lokacija i izloženost stanica imaju važan uticaj na rad stanica i moraju se proučiti pre njihovog instaliranja.

1.2 Hardver automatske meteorološke stanice

Hardver može da se sastoji od integrisanog AMOS-a (i sistema za pribavljanje podataka) ili seta autonomnih mernih uređaja povezanih sa jedinicom za prikupljanje i prenošenje podataka. AMS se obično sastoji od sledećeg:

- (a) Na standardnoj osmatračkoj površini, najbolje ne manjoj od 25 m x 25 m (deo I, poglavlje 1, i SMO 1989a), niz automatizovanih senzora smeštenih na preporučene položaje i međusobno povezanih sa jednom ili više jedinica za prikupljanje podataka uz korišćenje interfejsa, ili za jedan AMOS, set senzora instaliranih blizu jedan drugom, ali tako da ne utiču jedan na drugi, direktno povezanih za centralnu jedinicu za obradu (CPU) pomoću zaklonjenih kablova, optičkih kablova ili radio veza;
- (b) CPU za senzorsko prikupljanje podataka i konverziju u format koji može da se kompjuterski očita, pravilna obrada podataka pomoću sistema zasnovanog na mikroprocesorima u skladu sa specifikovanim algoritmima, privremeno čuvanje obradjenih podataka i njihova transmisija udaljenim korisnicima meteoroloških informacija;
- (c) Periferna oprema kao što je stabilizovano napajanje strujom koje obezbeđuje rad različitih delova stanice, real-time sat i ugrađena oprema za testiranje za automatski monitoring stanja vitalnih delova stanice. Za specifične primene stanici se dodaju lokalni terminali za ručni unos i editovanje podataka, uređaji za prikazivanje i printeri ili rekorderi.

Sve veća međuzavisnost između društva i atmosfere rezultiraju u promenjenim i rastućim zahtevima, kao što su zahtevi za većim brojem stanica i više promenljivih veličina koje treba meriti, transmisija u češćim intervalima, novi formati i bolje performanse. Kao posledica toga, postojeći AMS hardver i softver moraju da se

adaptiraju na nove zahteve. Ovo se može izvršiti samo ako je AMS dobro planiran na modularnoj osnovi. Proces adaptacije i testovi su često komplikovaniji nego što se očekuje. Dobro planirani AMS sadrže unapred testirane opcije koje omogućavaju promene u konfiguraciji i sistemske parametre. Druge poželjne karakteristike uključuju mogućnost rezervnog napajanja, prostor u instalacionim okvirima, rezervne interfejsove za komunikaciju, rezervne kapacitete za obradu i fleksibilnu softversku sredinu. Uputstvo za pripremu funkcionalne specifikacije za AMS sistem dato je u delu I SMO (1997).

1.2.1 Senzori

Meteorološki zahtevi za senzore koji se koriste na AMS nisu mnogo drugačiji od onih za senzore na stanicama sa manuelnim osmatranjem. Takodje pogledajte preporuke u relevantnim poglavljima u delu I ovog Uputstva. Zato što se merenja na većini AMS kontrolišu sa velike daljine, ovi senzori moraju da budu robustni, praktično bez održavanja i ne treba da imaju untrašnja odstupanja ili neizvesnosti oko načina na koji uzimaju uzorak veličine koja treba da se meri. U celini gledano, svi senzori sa električnim outputom su pogodni. Veliki broj senzora različitih performansi i kvaliteta (i cene) su pogodni za korišćenje sa automatskim sistemima za pribavljanje podataka. Često se dolazi do novih rešenja, a neka od njih poboljšavaju performanse postojećih senzora, dok su druga često zasnovana na novim fizičkim principima. Zavisno od njihovih karakteristika outputa, senzori se mogu klasifikovati kao analogni, digitalni i „inteligentni“ senzori.

Analogni senzori: Senzorski output je obično u obliku voltaže, struje, napona, otpora ili kapacitivnosti. Kondicioniranje signala pretvara ove osnovne signale u voltažne signale.

Digitalni senzori: Senzori sa digitalnim signalnim outputima sa informacijom koju sadrže u bitu ili grupi bita, i sensorima sa pulsanim ili frekventnim outputom.

„Inteligentni“ senzori-transformatori: Senzori koji uključuju mikroprocesorske funkcije osnovnog prikupljanja i obrade i koji omogućavaju output u serijskom digitalnom ili paralelnom obliku.

U pogledu meteoroloških senzora, deo I ovog uputstva daje pun opis opštih aspekata, vrste senzora, metoda merenja, jedinica, skala, izloženosti, izvora greške, baždarenja i održavanja. CIMO pomaže zemljama članicama preko redovnog organizovanja međunarodnih poredjenja instrumenata. Rezultati mogu biti veoma vredni za procenu različitih pristupa merenju. Od 1968, CIMO koristi upitnike da dobije informacije o razvoju instrumenata, a izveštaj, pod naslovom Upitnik o razvoju instrumenata, štampa se svake četiri godine. Ovaj izveštaj sadrži informacije i o instrumentima koji se razvijaju i instrumentima koji su u operativnoj upotrebi. Informacije se mogu naći u materijalima sa nacionalnih simpozijuma i časopisima, a takodje i u materijalima sa tehničkih konferencija koje redovno organizuje CIMO. Ove tehničke konferencije su praćene izložbama meteoroloških instrumenata gde proizvođači izlažu svoja najnovija dostignuća. Rezultati CIMO upoređivanja, izveštaji iz Upitnika o razvoju instrumenata i

materijali sa CIMO tehničkih konferencija štampa SMO u seriji Instrumenti i metodi osmatranja. Direktna razmena iskustva između operatora u mreži AMS, posebno onih

operativnih stanica u sličnim uslovima životne sredine, preporučuje se kao drugi način da se dobiju informacije.

Neka specifična razmatranja koja se tiču AMS senzora data su u narednim pasusima. Ostvarive operativne tačnosti su date u Aneksu 1.B 11 poglavlja 1, dela 1 ovog Uputstva. Kada postanu raspoloživi eksperimentalni rezultati, CIMO će po potrebi ažurirati ove procene. Preciznost senzorskih (laboratorijskih) baždarenja treba da bude bolja za najmanje faktor dva, omogućavajući transformaciju u linearne funkcije odgovora. Senzorska rezolucija treba da bude bolja za otprilike faktor tri nego što je navedeni zahtev (koji uključuje performanse interfejsa).

Atmosferski pritisak: Postoji široka raznovrsnost uredjaja koji se uglavnom zasnivaju na korišćenju aneroidnih kapsula, vibrirajuće žica ili kristala kvarca koji obezbeđuju autput u električnom analognom ili digitalnom obliku. Za digitalne senzore, referenca je data u SMO (1992b). Glavni problemi koje dizajner ili stručnjak za AMS treba da pažljivo razmotri su nepovoljne posledice temperature, dugoročnog odstupanja, vibracije i izloženosti. Posledice temperature su velike i ne mogu ih uvek kompenzovati ugradjena kola za kompenzovanje temperature. AMS senzori pritiska imaju unutrašnje dugoročno odstupanje u preciznosti, obično manje od 0.2 do 0.3 hPa svakih šest meseci i potrebno im je, dakle, redovno baždarenje. Posledice vibracije i mehaničkih šokova na autput senzora za pritisak su važni, posebno kod pomorskih primena AMS. Zbog osetljivosti najčešće dostupnih senzora pritiska na posledice spoljnog izlaganja, uobičajena je praksa da se instrument za pritisak smesti u zatvorenu malu kutiju sa stabilizovanom temperaturom unutar CPU. U nekim zemljama senzor je povezan sa spoljašnjim delom kutije preko cevi koja je opremljena statičkom glavom pritiska. Za primene u vazduhoplovstvu ili na udaljenim stanicama, gde se traže visok stepen preciznosti i pouzdanosti, dva ili više senzora pritiska su uključeni u stanicu.

Deo I, poglavlje 3 daje smernice o korišćenju digitalnih barometara sa AMS.

Temperatura: Najuobičajenije vrste termometara koji se koriste na nekoj AMS su rezistentni termometri izradjeni samo od metala ili termistori. Rezistentni termometar izradjen od platine (100 OHM na 0° C) pokazuje veoma dobru dugoročnu stabilnost i može se smatrati preferencijalnom vrstom senzora.

Električni termometri obično imaju kratkoročnu konstantu i kod uzorkovanja putem brze elektronske mreže, njihov autput reflektuje lokalnu temperaturu sa visokofrekventnom fluktuacijom i malom amplitudom. Ovaj problem se može izbeći korišćenjem senzora sa dugoročnom konstantom, veštačkim usporavanjem reagovanja pomoću odgovarajućeg kolom da bi se povećala vremenska konstanta signala autputa, ili digitalnim uprosečavanjem uzorkovanih autputa u CPU. Rezistentni termometri traže linearizaciju.

11 Kao što je određeno na Sastanku eksperata za operativnu preciznost (1991) i usvojeno na četrdeset-četvrtoj sednici Izvršnog saveta (1992) radi uključivanja u ovo Uputstvo

Ovo se može postići odgovarajućim kolima u kondicionim signalnim modulima, ili algoritmima softvera. Izričito se preporučuje da karakteristike termistora treba da budu linearizovane.

Veoma je važna pravilna zaštita senzora protiv efekata radijacije. Radijacioni zakloni prilagodjeni na veličinu senzora se široko koriste i zamenjuju uobičajeni prirodno ventilisani Stivenson zaklon u AMS. Za precizno merenje, radijacioni zakloni treba da se veštački ventilišu vazduhom brzine od oko 3 m/s-1, ali treba preduzeti mere da se spreči ulazak aerosola i kiše da bi se izbegli efekti mokre sijalice.

Vlažnost: Veoma sveobuhvatan pregled senzora za vlažnost u AMS može se naći u SMO (1989b).

Iako se relativno jeftini, rezistentni i kapacitivni senzori za direktna merenja relativne vlažnosti široko korišćeni u AMS, oni su ipak podložni lošem radu u prisustvu zagađujućih materija i potrebni su im specijalni zaštitni filteri. Poredjenja pokazuju da se dodatne korekcije moraju primenjivati za merenja ispod 0° C, čak i kada senzori uključuju kola za kompenzovanje temperature i ako se problemi histereze pojavljuju pri izlaganju uslovima zasićenosti.

Merači tačke rose, kao što je senzor sa zasićenim litijum hloridom i senzor ohladjenog ogledala, takodje se koriste na nekoj AMS. Glavni nedostak senzora sa litijum hloridom je njihova osetljivost na nestanak struje; oni zahtevaju intervenciju na terenu nakon nestanka struje. Optički merač tačke rose se smatra tehnikom koja najviše obećava, ali dalja istraživanja su potrebna u cilju razvijanja dobrog automatskog uređaja za čišćenje ogledala.

Problemi vezani za kratku vremensku konstantu mnogih senzora za vlažnost su kritičniji nego za senzore temperature. Što se tiče merenja temperature, svi tipovi senzora moraju da se instaliraju u odgovarajuće radijacijske zaklone. Prednost treba dati aspirisanim ili dobro ventiliranim radijacijskim zaklonima. Zakloni mogu biti slični po konstrukciji onim koji se koriste za merenja temperature. Može doći do velike greške zbog problema sa aspiracijom i čišćenjem.

Vetar: Korišćenje konvencionalnog anemometra sa čašom ili propelerom sa pulsni ili frekvencijskim outputom je široko zastupljeno i ne predstavlja naročiti tehnički problem osim onog koji je povezan sa zaledjivanjem u lošim vremenskim uslovima. Komplikacija se može pravaziti ako se senzor greje pri uslovima umerenog zaledjivanja, ali ovo rezultira značajnim povećanjem potrošnje električne energije. Preporučuje se da za novi anemometar sa čašom ili propelerom, dužina reagovanja treba da bude manja od 5 m i ta, u novim digitalnim sistemima, učestalost uzimanja uzoraka mora da bude

kompatibilna sa primenjenim filtriranjem. Kod uređaja za brojanje, ovo podrazumeva da se broj pulseva u toku jednog brojnog intervala smatra jednim uzorkom.

Korišćenje konvencionalnih analognih instrumenata opremljenih potenciometrom za merenje pravca vetra takodje je široko primenjeno na AMS. Sve više se koriste uređaji sa vetrokazima sa šifrovanjem digitalnog ugla, obično u jednom ili drugom obliku Grejove šifre. Preporučuju se vetrokazi sa neprigušenom prirodnom dužinom reagovanja manjom od 10 m i razmerom prigušivanja između 0.3 i 0.7. Za vetrokaze sa digitalnim šifrovanjem potrebna je minimalna rezolucija od 7 bita.

Za nove sisteme CIMO takodje preporučuje postojanje mogućnosti da se izvesti o standardnom odstupanju brzine i pravca vetra sa rezolucijom od 0.1 m s⁻¹, odnosno 10°.

Sistem za vetar sa serijskim digitalnim autputom i jednim ili više digitalnih ekrana direktno prikazuje operativne promenljive (najjači vetar, proseke vetra preko 2 i 10 min, pravac vetra i ekstreme) je tipičan primer jednog inteligentnog senzora.

Padavine: Najčešća oprema za merenje kiše su kišomeri sa kofom. Merači se brzo zakoče zaglavljanim djubretom kao što je lišće, pesak i ptičji izmet; treba, dakle, voditi računa kod AMS koji izvode dugotrajne operacije bez nadzora. Za merenje kiše i snežnih padavina ispod 0° C, različiti delovi merača se moraju pravilno ugrejati. Ovo može dovesti do ozbiljnih problema s električnom energijom, posebno za one AMS koji rade na baterije. Treba voditi računa pošto ugrejani merni uređaji dovode do greške zbog gubitka isparavanja. Može se postići preciznost od 5 do 10 procenata koja se smatra odličnom. Preciznost se može postići time što se kišomer okruži odgovarajućim zaklonom od vetra (npr. zaklonom Nipher) (vidi SMO, 1994, za poredjenje senzora za padavine).

Osunčavanje: Postoji izvestan broj merača osunčavanja sa električnim autputom. Referenca je WMO (1989c). SMO je usvojio prag vrednosti od 120 W m⁻² za jaku osunčanosti pri direktnom sunčevom zračenju, rešavajući na taj način dugoročni problem. Nedostatak pri korišćenju senzora za osunčanost bez kontrole u dužem vremenskom periodu ja da se prljavština akumulira na prednjem otvoru što rezultira u očiglednim promenama praga.

Radijacija: Većina senzora koji se koriste za ova merenja na konvencionalnim stanicama mogu, u principu, da budu povezani sa automatskim sistemom. Glavni tehnički problem je da su ovi senzori obično analogni uređaji koji proizvode veoma male, stalno promenljive voltaže kao signalni autput. Ove voltaže su veoma osetljive na elektromagnetnu interferenciju na signalne kablove i treba preduzimati adekvatna merenja. Problem zagadjivanja prednjeg otvora je još teži kod merenja radijacije (što je apsolutno merenje) nego kod jake osunčanosti. Smatra se da talog prašine na neočišćenom piranometru utiče na gubitak preciznosti od 2 procenta (isključujući dane sa mrazom i rosom). Kao rezultat toga, efikasno korišćenje instrumenata za merenje radijacije nekoliko dana na lokacijama bez nadzora je teško zamislivo.

Visina oblaka: Merenja visine oblaka na nekoj AMS se sada uglavnom vrši uz pomoć (laserskih) merača. Pogledajte SMO (1988b) za procenu postojećih sistema. Teškoće se još uvek doživljavaju u automatskoj obradi signala senzora u cilju vršenja preciznih merenja visine baze oblaka u širokom opsegu uslova koji se sreću u prirodi, naročito tokom kiše i snega. Druga teškoća je da senzori uzimaju uzorak visine oblaka samo u veoma malom delu neba direktno iznad detektora. Kada se prenese korisniku na daljinu, takva informacija može da predstavlja opasno netačnu sliku stanja ili prekrivenosti neba, naročito ako podaci treba da se koriste za potrebe vazduhoplovstva. Ovo se može izbeći korišćenjem algoritama za procenu oblačnosti u toku intervala obrade od 30 minuta. Međutim, u nekim zemljama, uloga ovih merača je da se pomogne osmatraču koji osmatra nebo. Merači visine oblaka obično zahtevaju značajnu količinu električne energije i u celini gledano ne mogu da se koriste osim ako nema konvencionalnog napajanja. Pored toga, njihov rad može da bude smanjen ili poremećen akumuliranjem snega, prašine ili drugih vidova zagadjenja na prozoru izlaza i na prednjem otvoru optičkog ili infracrvenog snopa.

Vidljivost: Veliki broj raznovrsnih instrumenata može se lako nabaviti za merenje vidljivosti na AMS. Pogledajte SMO (1990a).

Može se napraviti razlika između merača transmisije i merača vidljivosti. Visoka preciznost transmisio-merača se uglavnom koristi na aerodromima, dok je na drugim AMS češća manja preciznost (i jeftinija) merača vidljivosti unazad, unapred i integrisanih. Obe vrste postoje u verzijama koje mogu biti na baterije i koje mogu, dakle, da se koriste na udaljenim lokacijama gde nije dostupno korišćenje struje. Međutim, oni troše znatnu količinu električne struje i, osim ako nema podrške od strane pomoćnog izvora energije, obično nije izvodljivo koristiti ih duže od nekoliko nedelja bez zamene baterija.

1.2.2 Centralna jedinica za obradu (CPU)

CPU je srž AMS. Njena hardver konfiguracija zavisi od složenosti i veličine funkcija koje mora da obavi i od toga da li postoje jedinstvena hardverska rešenja. U celini gledano, glavne funkcije CPU su prikupljanje podataka, obrade podataka, čuvanja podataka i prenošenja podataka.

U većini postojećih AMS sve ove funkcije obavlja jedan sistem koji se zasniva na mikroprocesoru i koji je instaliran na mesto zaštićeno od vremenskog uticaja i što je moguće bliže sensorima ili na nekoj zatvorenoj lokaciji. Ako je uređaj smešten blizu senzora, obrada na samoj lokaciji smanjuje količinu podataka koji se moraju preneti i omogućava tim podacima da budu prezentovani u obliku koji je pogodan za direktno povezivanje sa komunikacionim kanalima. U takvim slučajevima, međutim, CPU je osetljiv na prekid električne energije i mora se zaštititi od spoljnih uticaja u kojima mora

da radi. Ako se jedinica može smestiti u zatvorenom, obično se može povezati sa izvorom električne energije tako da radi kao da je u normalnim kancelarijskim uslovima. Međutim, takva konfiguracija ima za rezultat povećan broj dugih signalnih kablova i odgovarajućih signalnih kondicionera.

Zavisno od lokalnih okolnosti i zahteva, različite jedinice takodje mogu da vrše različite funkcije CPU. U takvim slučajevima, svaka jedinica ima svoj sopstveni mikroprocesor i relevantni softver, može da se instalira na različitim mestima na stanici i da medjusobno komunicira preko dobro uspostavljenih međuprocesorskih linkova za prenos podataka. Oni rade u zavisnom odnosu gde je jedinica za obradu podataka nezavisna jedinica. Jedan primer toga je instaliranje jedne ili više jedinica za prikupljanje podatka u polju bliskom sensorima koji su povezani sa jedinicom za obradu podataka ili za jedinicu za prenošenje CPU pomoću jedne ili više telefonskih linija uz korišćenje digitalnog prenošenja podataka. Ove jedinice se mogu sastojati od jednog senzora (npr. inteligentnog senzora kao što je laserski instrument za merenje visine oblaka), izvesnog broja sličnih senzora (npr. termometara) ili izvesnog broja različitih senzora.

Brza tehnološka evolucija modernih sistema za prikupljanje podataka i kontrolu obrade otvara nove mogućnosti za meteorološke primene. Visok stepen input/output modulacija i fleksibilnosti, drastično povećana operativna brzina mikroprocesora i, posebno, dostupnost prikupljenih adekvatnih podataka, kontrole obrade i telekomunikacionih softvera omogućavaju razvoj AMS koje mogu da ispune raznovrsne osmatračke potrebe i zahteve raznih korisnika. Kao posledica toga, svaki opis AMS može uskoro da bude zastareo i da se uzimas sa rezervom. Imajući ovo na umu, sledeći tekst daje opštu ideju o sadašnjem stanju.

1.2.2.1 Pribavljanje podataka

U celini gledano, hardver sa pribavljanje podataka se sastoji od:

- (a) Signalno kondicioniranog hardvera za sprečavanje da se neželjeni spoljni izvori mešaju i utiču na neobrađene senzorske signale, da se zaštiti CPU elektronika i za prilagodjavanja signala da bi bili pogodniji za dalju obradu podatka;
- (b) Elektronika za prikupljanje podataka sa analognim i digitalnim input kanalima i portovima, opremom za skeniranje i opremom za konverziju podataka u CPU memoriju.

Kondicioniranje signala

Kondicioniranje signala je vitalna funkcija u procesu prikupljanja podataka i počinje sa izborom odgovarajućih kablova i konektora za povezivanje senzora u elektronicu prikupljanja podataka. To se dalje postiže pomoću različitih hardverskim modula. Sada je nekoliko funkcija kondicioniranja, preuzetih iz industrijske kontrole obrade, integrisano u jedan modul koji može da se izvadi. Najpogodnija i time i najuobičajenija lokacija za instaliranje ovih modula je na panelima terminala senzorskih kablova na istom mestu zaštićenom od vode kao i kod elektronike za prikupljanje podataka. Zavisno od

senzora i lokalnih okolnosti na rapolaganju su različite tehnike za kondicioniranje signala.

Senzorski kablovi: Električni signali sa senzora koji ulaze u sistem za prikupljanje podataka mogu da uključe i neželjene šumove. Da li ti šumovi ometaju zavisi od odnosa signala i šumova i specifične primene. Digitalni signali su relativno imuni na šumove zbog svoje diskretne prirode (i visokog nivoa). Suprotno tome, analogni signali su pod direktnim uticajem relativno niskog nivoa ometanja. Glavni mehanizmi za transfer šumova uključuju kondenzatorsko i induktivno povezivanje. Metod smanjivanja grešaka zbog kondenzatorskog povezivanja je da se iskoriste zaklonjeni kablovi za koje je konduktivni materijal (na nultom potencijalu) smešten izmedju signalnih kablova i izvora ometanja. Dodatno korišćenje jednog para žica koje su upletene je efikasan u smanjivanju elektromagnetnog povezivanja.

Zaštita od promene napona: Da ne bi neka AMS bila podložna neželjenom inputu visokog napona, neizbežan je zaštitni mehanizam radi izbegavanja mogućeg uništavanja opreme. Input visoke voltaže se može indukovati iz magnetnih polja, statičkog elektriciteta i, naročito, od munja.

Transmiteri sa dve žice: Ponekad je poželjno pre-amplifikovati signale niskog nivoa koji su blizu senzora da bi se zadržao maksimalan odnos signala i šuma. Jedan način da se uradi ova vrsta kondicioniranja signala je da se koristi transmitter sa dve žice. Ovi transmiteri ne samo da amplifikuju input signale, već takodje obezbeđuju izolaciju i konverziju na visoki strujni nivo (obično 4 do 20 mA). Sadašnja transmisija omogućava da se signali šalju na daljinu od oko 1500 m.

Digitalna izolacija: Električni moduli se koriste da se prikupe digitalni input signali dok se prekida galvanska veza izmedju izvora signala i merne opreme. Moduli ne samo da izoluju, već takodje i konvertuju inpute u stadardne nivoe napona koji se mogu očitati pomoću opreme za prikupljanje podataka.

Analogni izolator: Analogni moduli za izolaciju se koriste da se zaštiti oprema od kontakta sa visokim naponom, prekidom **ground loops???** (petlje uzemljenja??) i uklanjanjem velikih signala uobičajenog oblika. Danas se široko koriste tri vrste analogne izolacije: jeftino kondenzatorsko povezivanje ili "leteći kondenzator", optičko povezivanje koje ima dobre performanse i umerenu cenu i transformersko povezivanje koje daje veliku izolaciju i preciznost, ali i više košta.

Filteri za propuštanje niske frekvencije: Filteri se koriste za odvajanja željenih od neželjenih signala. Neželjeni signali su šumovi, preuzimanje frekvencije naizmenične struje, mešanje sa radio ili televizijskim stanicama i signalna frekvencija iznad polovine frekvencije uzorkovanja. U celini gledano, ovaj filter se koristi radi kontrolisanja ovih neželjenih izvora greške, osim dela frekvencijskog spektra gde željeni signali ne postoje.

Pojačivači: Signali analognog senzora mogu da imaju različite amplitude širokog opsega. Analogno-digitalni konvertor (A/D), medjutim, zahteva visok nivo signala da bi dao

najbolje performanse. U mnogim slučajevima, koristi se amplifikatorski modul da bi se signali niskog nivoa podigli na željenu amplitudu. Amplifikatorski moduli se također koriste za standardizovanje outputa voltaže svih senzora na zajedničku voltažu, npr. 0-5 voltažu direktne struje.

Otpornici: Specijalni moduli se koriste da konvertuju otpore, kao što su termometri od platine, u linearizovani signal output voltaže i da obezbede neophodnu output struju za ovu konverziju. Treba napomenuti da konverzija u linearni signal može da unese nepreciznosti, koje mogu da budu kritične za neke primene.

Funkcija prikupljanja podataka

Funkcija prikupljanja podataka se sastoji od skeniranja outputa senzora ili modula koji kondicioniraju module na prethodno odredjenih brzinama i da se signali prevedu u format koji se može očitati na kompjuteru.

Da bi se prilagodio različitim vrstama meteoroloških senzora, hardver za ovu funkciju se sastoji od različitih vrsta input/output kanala, obuhvatajući moguće output karakteristike senzora ili modula za kondicioniranje signala. Ukupan broj kanala svake vrste zavisi od karakteristika outputa senzora i određuje ga vrsta primene.

Analogni inputi: Broj analognih kanala se obično kreće između 4 i 32. U celini gledano, osnovna konfiguracija se može proširivati dodatnim modulima koji obezbeđuju više input kanala. Analogni input kanali su od posebnog značaja pošto većina najčeće korišćenih meteoroloških senzora, kao što su senzori za temperaturu, pritisak i vlažnost daju voltažni signal, ili direktno ili indirektno preko modula za kondicioniranje senzora.

Zadaci pri prikupljanju podataka su skeniranje kanala i njihova A/D konverzija. Skener je jednostavno mehanizam prekidača koji omogućava da jedan A/D konvertor servisira mnogo analognih input kanala. Softver može da kontroliše ove prekidače i da izabere bilo koji kanal za obradu u određeno vreme. Konvertor A/D pretvara originalnu analognu informaciju u podatak koji se može očitati na kompjuteru (digitalni, binarni kod). Rezolucija A/D je navedena u vidu bita. Rezolucija A/D od 12 bita je kao otprilike 0.025 procenta, 14 bita kao 0.006 procenta, a 16 bita je 0.0015 procenta punog opsega skale A/D.

Paralelni digitalni input/output. Ukupni broj pojedinačnih kanala je uglavnom grupisan u blokove sa 8 od 16 bita sa mogućnošću proširivanja. Oni se koriste za individualni bit ili određivanje statusa ili za input senzora sa paralelnim digitalnim outputom (npr. vetrokazi sa outputom u Grej kodu).

Pulsevi i frekvencije: Broj kanala je obično ograničen na dva ili četiri. Tipični senzori su senzori brzine vetra i kišomeri s kofom. Koriste se brojači niske i visoke brzine koji akumuliraju pulseve u CPU memorijama. Sistem koji registruje pulseve ili status uključenosti ili isključenosti na transformatoru poznat je kao snimatelj događaja.

Serijski digitalni portovi: To su pojedinačni asinhroni serijski input/autput kanali za prenošenje podataka pomoću inteligentnih senzora. Portovi obezbeđuju konvencionalnu komunikaciju između uređaja na malim daljinama (RS232, nekoliko metara) do velikih daljina (RS422/485, nekoliko kilometara). Različiti senzori ili merni sistemi mogu da budu na istim linijskim i input porotovima, a svaki od senzora je sukcesivno adresiran pomoću kodiranih reči.

1.2.2.2 Obrada podataka

Hardver za obradu podataka je srce CPU i njegova glavna funkcija je da radi kao glavna kontrola inputa/autputa podataka u i iz CPU i da izvršava odgovarajuću obradu svih pristizućih podaka pomoću relevantnog softvera.

Hardver radi pomoću mikroprocesora. Mikroprocesori ne menjaju principe meteoroloških merenja ili osmatračke prakse, ali oni omogućavaju dizajneru instrumenta da obavlja tehničke funkcije na nov način tako da merenje bude lakše, brže i pouzdanije, kao i da naprave instrument sa boljim mogućnostima, naročito u pogledu obrade podataka. Usvajanje mikroprocesora značajno smanjuje troškove hardvera za neke aplikacije. Međutim, mora se napomenuti da povećana očekivanja koja ovaj uređaj može da ispuni mogu da dovedu do sve većih i značajno potcenjenih troškova razvoja softvera.

Postojeći AWOS uređaji opremljeni su mikroprocesorima od 8 bita i ograničenom memorijom (32 do 64 kbajta). Novi sistemi koji koriste 16- ili 32-bitne mikroprocesore i koji su okruženi značajnom količinom memorije solid-state (do 1 Mbajta) postaju standard. Ovi AWOS pružaju više input/autput mogućnosti koje rade na mnogo većim procesnim brzinama i u stanju su da obave složena izračunavanja. Zajedno sa novim hardverom, primenjuje se složeni softver koji je do pre neku godinu bio dostupan samo na mini kompjuterskim sistemima. Jedinični uređaj se može opremiti različitim vrstama memorije kao što je „random access memorija“ (RAM) za čuvanje podataka i programa, ne-volatilnim programirajućim memorijama samo za očitavanje (PROMs) za čuvanje programa (programi se unose pomoću PROM programera) i ne-volatilni PROM-ovi (EEPROMs) koji se mogu električnim putem izbrisati i koji se najviše koriste za čuvanje konstanti koje se mogu direktno modifikovati pomoću softvera. Na većini stanica, RAM memorija je opremljena baterijom kao podrškom da bi se izbeglo gubljenje podataka usled nestanka struje. Na stanicama non-real time bez mogućnosti za prenošenje podataka, podaci se mogu čuvati u spoljnim memorijama. Mehanički uređaji sa trakama koji su korišćeni za ovu svrhu mnogo godina sada su zamenjeni memorijskim karticama (RAM sa baterijom kao podrškom, EEPROM-ovi, itd. (koji su mnogo pouzdaniji).

1.2.2.3 Prenošnje podataka

Deo CPU koji prenosi podatke formira vezu sa „Spoljnim svetom“, a to može biti lokalni osmatrač ili osoblje za održavanje, centralni mrežni sistem za obradu Nacionalne meteorološke i hidrološke službe ili, čak, direktni korisnici meteoroloških informacija. Oprema je povezana sa CPU korišćenjem obično dostupnih serijskih i paralelnih

input/autput portova. Najpogodnija sredstva za prenošenje podataka uglavnom zavise od lokacije u pitanju i opreme za prenošenje koja je lako dostupna. Nijedno pojedinačno rešenje ne može se smatrati kao univerzalno superiorno, i ponekad lanac prenošenja zahteva korišćenje nekoliko načina (vidi odeljak 1.3.2.10).

1.2.3 Periferna oprema

Napajanje: Dizajn i mogućnosti neke AMS suštinski zavise od metoda koji se koristi za napajanje. Najvažnije karakteristike za napajanje AMS su visoka stabilnost i rad bez ometanja. Iz razloga bezbednosti, i zbog širokog korišćenja baterija od 12V u motornim vozilima, treba razmotriti korišćenje 12 V direktne struje. Gde postoji napajanje, baterije treba puniti. Takav sistem obezbeđuje prednost automatskog rezervnog napajanja u slučaju nestanka struje. Automatske meteorološke stanice koje su montirane na udaljenim mestima gde nema struje, moraju da se oslone na baterije koje mogu, a i ne moraju, da se pune iz pomoćnog izvora napajanja kao što je dizel generator, generator na vetar ili vodu, ili solarne ćelije. Takav sistem, međutim, uglavnom ne može da podrži složenije senzore potrebne za merenje visine oblaka i vidljivosti pošto takva merenja zahtevaju veliku količinu struje. Pored toga, AMS koriste pomoćnu opremu kao što su grejači (anemometri, kišomeri), a aspiratori takodje mogu da potroše znatnu struju i na takav način da ograniče instaliranje neke AMS na lokacijama gde postoji napajanje strujom. Ako, zbog potrebe za raznovrsnim i sveobuhvatnim napajanjem, samo napajanje strujom može da obezbedi dovoljno napajanje za potpuni rad, treba obezbediti rezervno napajanje, bar za sat sistema, procesor i neku volatilnu memoriju koja može da sadrži skorašnje podatke potrebne za ponovno automatsko pokretanje stanice.

Real-time sat: Suštinski deo obrade podataka je sat za 24 h real time koji ima bateriju koja obezbeđuje da se vreme beleži čak i kada nema struje. Obezbeđivanje preciznosti tekućih AMS satova zahteva specijalnu pažnju da bi se garantovala tačna očitavanja, intervali uzorkovanja i podaci o datumu uzorkovanja. Na nekim AWS koriste se uređaji za sinhronizovanje sata sa referentnim signalima objavljenim preko radija ili globalnim pozicionim sistemom.

Ugradjena test oprema: Vitalni delovi nekog AMS često sadrže komponente čiji bi loš rad ili kvar ozbiljno degradirao finalni proizvod ili ga učinio beskorisnim. Uključivanje veza da bi se automatski nadgledalo stanje ovih komponenti je efikasan način da se trajno kontrolišu njihove performanse u toku rada. Evo primera: detektori prekida napajanja strujom koji iznova pokreću procesor i nastavljaju funkcije AMS nakon prekida struje; tajmer koji prati pravilan rad mikroprocesora; i test veze za monitoring rada podsistema stanice kao što su voltaža vaterije i rad napajanja, aspiratori (zakloni za temperaturu i vlagu), A/D konvertori, grejači, itd. Informacija o stanju se može automatski prikazati na terenu ili uključiti u CPU radi kontrole kvaliteta i održavanja.

Lokalno prikazivanje i terminali: Operativni zahtevi često traže da se osmatranja ručno unesu ili srede, npr. na poluautomatskim meteorološkim stanicama. Zavisno od zahteva, i od dizajnera stanice, za ovu namenu se koriste različite vrste lokalnih terminala,

uključujući jednostavnu numeričku diodu koja emituje svetlost (LED) s ključnim informacijama koje formiraju integralni deo CPU, ekran sa tastaturom ili čak neki mali kompjuter instaliran na nekoj udaljenoj zatvorenoj lokaciji. Za potrebe održavanja specijalni ručni terminali koriste se ponekad i mogu da se uključe direktno na stanicu. Za posebne primene, kao što su to AMS na aerodromima ili sličnim stanicama gde njihov rad daje podršku osmatraču, digitalni ekrani su povezani sa prikazivanjem podataka na jednom ili više mesta na lokaciji. Printer ili grafičko beleženje se na zahtev može dodati na stanicu.

1.3 AUTOMATSKI SOFTVER METEOROLOŠKE STANICE

Kada se dizajnira ili određuju specifikacije za neku AMS, vodeći princip je da će troškovi pravljenja i testiranja softvera biti jedan od najvećih finansijskih elemenata u paketu. Osim ako se ne posveti velika pažnja u preliminarnom dizajniranju i održi jaka disciplina u toku kodiranja, složeni softver brzo postaje nefleksibilan i težak za održavanje. Manje promene zahteva-kao što su one koje se često uvode potrebom za novim senzorom, promenom šifri ili promenama u kriterijumu kontrole kvaliteta- često mogu rezultirati velikim i veoma skupim revizijama softvera.

U celini gledano, može se napraviti razlika između aplikacionog softvera koji se sastoji od algoritama za pravilnu obradu podataka u skladu sa specifikacijama korisnika, i sistemskog softvera koji je od početka povezan sa konfiguracijom mikroprocesora i koji obuhvata sav softver za razvoj i korišćenje aplikativnih programa.

Savet za razvoj algoritama za AMS je dat u odeljku 1.1.3 u gornjem tekstu. Razmatranje dizajna algoritama za sinoptičke AMS nalazi se u SMO (1987), a za obradu podataka o prizemnom vetru u SMO (1991). Informacije o algoritmovima koje koriste članice mogu se naći u SMO (2003b). Za detaljne informacije o uzimanju uzoraka, redukovanju podataka i menadžmentu kvaliteta, treba konsultovati odgovarajuća poglavlja u Delu III.

1.3.1 Sistemski softver

U zavisnosti od potreba korisnika, proizvođač razvija softver za mnoge postojeće automatske meteorološke stanice (AMS) i stavlja ga u CPU memoriju u formatu koji korisnik ne može čitati (tzv. 'firmware'), i tako CPU postaje neka vrsta crne kutije. Korisnik može koristiti samo unapred određene komande i, kao posledica toga, u potpunosti zavisi od proizvođača u slučaju kvara ili izmena na stanicama.

Na svu sreću, sve veća potražnja za sistemima za prikupljanje podataka na planu kontrole industrijskog procesa otvara nove mogućnosti. Korisnici mogu danas da razviju i sopstveni softver (ili da to prepuste nekoj softverskoj kompaniji ili samom proizvođaču stanice), koristeći programske jezike kao što je Basic, Pascal, a naročito C, i koristeći spremne pakete za dobijanje podataka, statistiku, skladištenje i transmisiju. Rezultat toga

je da je korisnik više upoznat sa i ima veću kontrolu nad različitim procesima, i da samim tim sve manje zavisi od proizvođača stanice.

U poslednje vreme sve se više koriste oprobani operativni sistemi koji funkcionišu u realnom vremenu i mogu da izvrše više zadataka i usluže više korisnika odjednom, a koji su u prošlosti postojali samo za mini kompjutere. Oni su tzv. 'real-time' sistemi jer se sve operacije aktiviraju putem hardverskih i softverskih prekida, 'multitasking', jer se mogu istovremeno obavljati različiti zadaci prema unapred postavljenom redosledu prioriteta, i 'multi-user' jer različiti korisnici mogu imati gotovo istovremen pristup sistemu. Autori softvera mogu u potpunosti da se posvete razvoju programa na jeziku koji odaberu, ostavljajući operativnom sistemu upravo tu tešku i složenu kontrolu i sprovođenje zadataka.

1.3.1 Aplikativni softver

Funkcije procesinga koje izvršava ili CPU ili interfejs senzora, ili kombinacije ta dva, zavise u određenoj meri od tipa AMS i od svrhe za koje se koriste. Obično su, međutim, potrebne neke od ili sve sledeće operacije: inicijalizacija, uzorkovanje koje vrši izlazni senzor, konverzija izlaznih podataka senzora u meteorološke podatke, linearizacija, **usrednjavanje** (izračunavanje proseka), ručno unošenje osmotrenih podataka, kontrola kvaliteta, redukcija podataka, formatiranje podataka, te provera i skladištenje, prenos i prikaz podataka. Redosled izvršavanja ovih funkcija je samo približno sekvencijalan. Kontrola kvaliteta može se vršiti na više različitih nivoa: odmah nakon uzorkovanja, nakon izvođenja meteoroloških varijabli ili nakon ručnog unošenja podataka i formatiranja poruke. Ako se ne vrše provere kontrole kvaliteta i sadržaja poruke, podaci AMS-a verovatno će sadržati neotkrivene greške. Iako linearizacija može biti ugrađena u senzor ili u modul postavljanja signala, trebalo bi je uvek izvršiti pre izračunavanja neke prosečne vrednosti.

Izvršne funkcije aplikativnog softvera se odvijaju prema utvrđenom redosledu koji kontroliše kada se neki određeni zadaci moraju izvršiti. Pregled aplikativnog softvera AMS-a koji sledi ograničen je u nekim praktičnim aspektima vezanim za AMS.

1.3.1.1 Inicijalizacija

Inicijalizacija je proces koji priprema sve memorije, podešava sve operativne parametre i pušta u pogon aplikativni softver. Da bi započeo normalne operacije, softveru prvo treba više određenih parametara, kao što su, između ostalog, parametri vezani za stanicu (šifra stanice, nadmorska visina, širina i dužina); datum i vreme; fizička lokacija senzora u delu prikupljanja podataka; tip i karakteristike modula za podešavanje senzora; konstante za konverziju i linearizaciju koje služe za konverziju izlaznih podataka senzora u meteorološke vrednosti; apsolutna entropija i učestalost promena u svrhe kontrole kvaliteta, kao i lokacija fajla za privremeno skladištenje (baferovanje) podataka. U zavisnosti od stanice, sve ili deo ovih parametara korisnici mogu lokalno uneti ili izmeniti uz pomoć interaktivnog menija na terminalu. U poslednjoj generaciji inicijalizaciju AMS može, primera radi, daljinskim putem da izvrši centralni mrežni sistem za obradu

podataka ili daljinski personalni kompjuter. Pored pune inicijalizacije, trebalo bi programirati delimičnu inicijalizaciju. Ovim postupkom će automatski započeti normalno funkcionisanje koje je privremeno prekinuto zbog podešavanja sata u realnom vremenu, održavanja, kalibraže ili nestanka struje, bez gubitka uskladištenih podataka.

1.3.1.2 Uzorkovanje i filtriranje

Uzorkovanje se može definisati kao proces merenja neke varijable u jasno odvojenim razmacima. Da bismo digitalno obradili signale meteorološkog senzora, postavlja se pitanje koliko često bi trebalo uzorkovati izlazne podatke senzora. Važno je obezbediti da redosled uzimanja uzoraka adekvatno prikazuje bitne promene u atmosferskoj varijabli koja se meri. Zlatno pravilo je da se uzorkovanje vrši makar jednom u toku vremenske konstante senzora. Pošto neke meteorološke varijable, međutim, imaju komponente sa visokom frekvencijom, trebalo bi prvo propisno izvršiti filtriranje ili izravnavanje (eng. 'smoothing') birajući senzore sa odgovarajućom vremenskom konstantom ili pak putem tehnika filtriranja ili izravnavanja u modulima za podešavanje signala (vidi Deo III, Poglavlje 2).

S obzirom na potrebu da senzori budu kompatibilni, a osmotreni podaci homogeni, preporučuje se sledeće:¹

- (a) Da uzorke koji se uzimaju za izračunavanje proseka treba uzeti u ravnomerno raspoređenim vremenskim intervalima koji:
 - (i) ne premašuju vremensku konstantu senzora; ili
 - (ii) ne premašuju vremensku konstantu analognog low-pass filtera koja usledi nakon linearizovanog izlaza brzo reagujućeg senzora; ili
 - (iii) kojih ima dovoljno kako bi neizvesnost proseka bila svedena na prihvatljiv nivo, tj. manji od tražene preciznosti proseka;
- (b) Da uzorke koji se koriste u proceni ekstremnih fluktuacija treba uzimati najmanje četiri puta češće nego što je navedeno pod (i) ili (ii) u gornjem tekstu.

1.3.1.3 Konverzija sirovih podataka

Konverzija sirovih podataka senzora sastoji se u transformaciji električnih izlaznih vrednosti senzora ili modula za podešavanje signala u meteorološke jedinice. Ovaj proces podrazumeva primenu algoritama konverzije korišćenjem konstanti i odnosa dobijenih za vreme procedura kalibraže.

Važno je napomenuti da neki senzori nisu linearni, odnosno da njihovi izlazni podaci nisu direktno proporcionalni izmerenim atmosferskim varijablama (napr. termometar otpora), da na neka merenja utiču spoljašnje varijable u jednom ne-linearnom odnosu (napr. na neke senzore pritiska i vlažnosti utiče temperatura) i da, iako je sam sensor linearan ili sadrži kola linearizacije, izmerene varijable nisu linearno povezane sa atmosferskom varijablom o kojoj se radi (napr. izlazni podaci rotirajućeg beam selimetra (eng. beam

¹ Preporuke Komisije za instrumente i metode osmatranja, donesene na 10.-oj sednici (1989) u formi Preporuke br. 3 (CIMO-X).

ceilometer) sa foto detektorom i 'shaft-angle encoder'-om koji pružaju intenzitet svetla kao funkciju ugla, nisu linearni po pitanju visine oblaka). Kao posledica toga, neophodno je izvršiti ispravke u vezi sa ne-linearnošću u algoritmima konverzije ako to već nije učinjeno u modulima za podešavanje signala. Linearizacija je od posebne važnosti kada je potrebno izračunati srednje vrednosti u određenom vremenskom periodu. Zaista, kada signal senzora nije konstantan tokom perioda izračunavanja proseka, redosled operacija 'izračunaj prosek a potom linearizuj' može imati drugačije rezultate od redosleda 'linearizuj a potom izračunaj prosek'. Ispravna procedura je da se samo izračunava prosek linearnih varijabli.

1.3.1.4 Trenutne meteorološke vrednosti

Prirodna varijabilnost atmosfere malih razmera (small-scale), uvođenje buke u proces merenja putem elektronskih uređaja, a posebno upotreba senzora sa kratkim vremenskim konstantama čine proces izračunavanja proseka veoma korisnim za smanjenje neizvesnosti podataka.

U cilju standardizacije algoritama za izračunavanje proseka, preporučuje se sledeće:²

(a) Da se, između ostalog, atmosferski pritisak, temperatura vazduha, vlažnost vazduha, temperatura površine mora, vidljivost prikazuju kao od 1 do 10-minutni proseci, koji se dobijaju nakon linearizacije izlaznih podataka senzora.

(b) Da se vetar, izuzev jakih udara vetra, prikazuje u formi 2-minutnih ili 10-minutnih proseka, koji se dobijaju nakon linearizacije izlaznih podataka senzora.

Ove prosečne vrednosti treba smatrati 'trenutnim' vrednostima meteoroloških varijabli koje se koriste u najvećem broju operativnih primena i koje ne treba brkati sa sirovim trenutnim uzorcima senzora ili srednjim vrednostima za duži vremenski period koje su potrebne za neke druge namene. Za odgovarajuće trenutne vrednosti, u većini slučajeva, preporučuju se jedno-minutni proseci, kada je god to primenjivo. Izuzeci su merenja vetra (vidi (b) u gornjem tekstu) i talasa (10-minutni ili 20-minutni proseci). S obzirom na nepoklapanje osmatranja podataka o maksimalnim udarima vetra dobijenih od sistema za osmatranje vetra sa različitim vremenskim odgovorima, preporučuje se da filtriranje lanca za merenje vetra bude takvo da prikazani maksimalni udari budu u formi 3s proseka. Treba prikazivati najviši 3s prosek. U praksi ovo podrazumeva uzorkovanje izlaznih podataka senzora i izračunavanje 3s operativnog proseka (running mean) najmanje jednom do četiri puta u sekundi.

Određene količine za koje je neophodna konverzija podataka, kao i izračunavanje proseka pre konverzije date su u Delu III, Poglavlje 2.

1.3.1.5 Ručno unošenje osmotrenih podataka

Za neke primene moraju se razviti interaktivne terminalske procedure koje bi omogućile pristup osmatraču, i koje bi obrađivale vizuelna ili subjektivna osmatranja za koja ne

² Preporuke Komisije za instrumente i metode osmatranja, donesene na 9.-oj sednici (1985) u formi Preporuke br. 6 (CIMO-IX)

postoje automatski senzori u stanici. To su obično sadašnje i prošle vremenske prilike, stanje zemljine površine i ostale posebne pojave.

1.3.1.6 Redukcija podataka

Pored trenutnih meteoroloških podataka, koji se direktno dobijaju iz uzorkovanih podataka nakon odgovarajuće konverzije, potrebno je izvesti i ostale operative meteorološke varijable i izračunati statističke količine. Većina njih se zasniva na uskladištenim trenutnim vrednostima, dok se za manji broj njih podaci dobijaju češćim uzorkovanjem, kao što je to slučaj kod izračunavanja udara vetra. Primeri redukcije podataka su proračun vrednosti temperature rose iz prvobitnih merenja relativne vlažnosti i temperature vazduha, kao i redukcija pritiska na prosečan nivo mora. U statističke podatke spadaju i ekstremne vrednosti podataka tokom jednog ili više vremenskih perioda (na primer, temperatura), ukupne količine (na primer kiše) u određenom vremenskom periodu (od minuta do dana), proseci u različitim vremenskim periodima (klimatološki podaci), i integrisane vrednosti (zračenje). Ove varijable ili količine mogu se izračunati u jednoj AMS ili u centralnom mrežnom sistemu za obradu, gde je kapacitet za obradu obično veći.

CIMO se bavi sveobuhvatnim programom za pregled i standardizaciju algoritama za sve varijable. Rezultati se objavljuju u SMO Izveštajima o instrumentima i metodama osmatranja (SMO, 2003b).

Postoje i formalne preporuke za izračunavanje trendova pritiska³ i količina vlage⁴ (Aneks 4.B, Poglavlje 4, Deo I)

SMO je istraživao metode za redukciju pritiska koje su koristile zemlje članice 1952.g. (SMO, 1954) i zaključio da se koristi „međunarodna formula“ (Laplasove ili Angoove tabele) ili neke „pojednostavljene“ metode (za napr. „low-level“ stanice⁵, vidi Deo I, Poglavlje 3). Kao rezultat ovog istraživanja, napravljena je studija o standardizaciji metoda redukcije i kao standard je preporučena jedna opšta jednačina redukcije pritiska⁶ (SMO, 1964). Ipak, ovaj preporučeni metod, ova „međunarodna formula“ i metodi koji koriste pojednostavljene formule još uvek su u širokoj upotrebi (SMO, 1968).

1.3.1.7 Šifriranje poruka

Funkcionalni zahtevi često propisuju šifriranje meteoroloških poruka u skladu sa SMO (1995). U zavisnosti od tipa poruke i elemenata koji se šifriraju, poruke se mogu

³ Preporuke Komisije za instrumente i metode osmatranja, donesene na 9.-oj sednici (1985) u formi Preporuke br.76 (CIMO-IX)

⁴ Preporuke Komisije za instrumente i metode osmatranja, donesene na 10.-oj sednici (1989) u formi Preporuke br. 7 (CIMO-X)

⁵ Preporuke Komisije za instrumente i metode osmatranja, donesene na prvoj sednici (1953) u formi Preporuke br. 13 (CIMO-I) i usvojene od strane EC-IV.

⁶ Na osnovu preporuka Radnog komiteta II CIMO-I za „Smanjenje pritiska“ (SMO, 1954, deo 2).

generisati u potpunosti ili polu-automatski. Stvaranje potpuno automatskih poruka podrazumeva da su svi elementi koji se kodiraju merljivi podaci, dok generisanje polu-automatskih poruka uključuje intervenciju nekog osmatrača koji bi unosio vizuelna ili objektivna osmatranja kao što su sadašnje i prošle vremenske prilike, stanje zemljine površine i tip oblaka. Algoritme za šifriranje poruka ne treba potcenjivati i potrebno je uložiti veliki napor ne samo da bi se oni razvijali, već i da bi se novelirali prilikom izmene formata prema međunarodnim, regionalnim i nacionalnim propisima. Oni takođe zauzimaju veliku količinu memorije koja može biti od presudnog značaja za stanice male performanse. Treba istaći da se podaci osmatranja mogu prenositi u centralni mrežni procesing sistem, gde postoji veći potencijal za šifriranje poruka.

1.3.2.8 Kontrola kvaliteta

Svrha kontrole kvaliteta u nekoj AMS je da se automatski smanji broj nepreciznih osmatranja i broj osmatranja koja nedostaju, uz pomoć odgovarajućih hardverskih i softverskih procedura. To se postiže tako što se svako osmatranje izačunava iz relativno velikog broja uzoraka podataka proverenog kvaliteta. Na taj način moguće je izolovati i isključiti uzorke sa većim greškama, i rad računara se može nastaviti, neoštećen od strane tog uzorka.

Kontrolom kvaliteta postiže se garantovan kvalitet i konzistentnost izlaznih podataka zahvaljujući pažljivo kreiranim procedurama koje se zasnivaju na dobroj praksi održavanja, popravke, kalibraže i provere kvaliteta podataka. Trenutno ne postoji neki određeni niz procedura ili standarda za različite platforme AMS. Takav jedan niz procedura potrebno je tek razviti i dokumentovati.

U modernim AMS rezultati procedura za kontrolu kvaliteta podataka u sensorima, koji pokazuju zašto je neko merenje sumnjivo ili pogrešno, kao i rezultati auto-provera hardvera koje vrši ugrađena oprema za testiranje, uskladišteni su u odgovarajućim pomoćnim memorijama (baferima). Vizuelni prikaz ovih pokazatelja statusa predstavlja vrlo korisnu alatku za terensko održavanje. Prenos bafera – bilo u formi dodatka uobičajenoj osmatračkoj poruci, ili programirane poruke za održavanje sistema, ili u formi poruke koja se šalje na zahtev iz mreže AMS u centralni mrežni procesing sistem – predstavlja dragocen mogući pristup problemu održavanja meteorološke opreme.

Za kontrolu kvaliteta podataka AMS preporučuju se procedure u realnom vremenu, a u delu III, poglavlje 1 date su detaljne preporuke, a osnovne procedure za kontrolu kvaliteta date su u SMO (1993). U nastavku sledi praktična razrada ovih preporuka.

Provere unutar senzora

Vrše se tako što se svaki uzorak senzora proverava u najranijim mogućim fazama obrade, uzimajući u obzir funkcije odgovora senzora i podešavanja signala, za neku verovatnu vrednost i verovatnu učestalost promene.

Verovatna vrednost: Ovo je okvirna provera da se merena vrednost kreće u apsolutnim granicama varijabilnosti. Ove granice vezane su za prirodu meteorološke promenljive ili fenomena, ali takođe zavise od merljivih razmera izabranih senzora i od hardvera za prikupljanje podataka. Trebalo bi sprovesti i dodatne provere granica, odnosno funkcija geografske oblasti, sezone i dela godine. Predložene granice za ove dodatne provere date su u tabelama 6.3-6.9 u poglavlju 6 SMO-a (1993). Na osnovu ovih provera mogu se dobiti informacije o tome da li su ove vrednosti pogrešne ili sumnjive.

Verovatna stopa (učestalost) promene: Ovo je provera verovatne stope promene u odnosu na prethodni prihvatljivi nivo. Efikasnost ove provere zavisi od vremenske konzistentnosti ili trajnosti podataka i najbolje se može primeniti na podatke visoke vremenske rezolucije (visoka stopa uzorkovanja), kako se korelacija između susednih uzoraka povećava sa stopom uzorkovanja. Jedna očigledna teškoća je utvrditi kako se brzo menja neka atmosferska varijabla, uzimajući u obzir karakteristike reakcije senzora o kojem se radi. Moguće je izvršiti i dodatne provere vremenske konzistentnosti poredeći podatke dva konsektivna (uzastopna) izveštaja. U publikaciji SMO (1993) date su tolerancije različitih vremenskih perioda na sinoptičkim skalama (1, 2, 3, 6, 12h) za proveru trendova temperature vazduha, rose i pritiska.

Među-senzorne provere

Moguće je izvršiti interne provere konzistentnosti neke varijable u odnosu na druge varijable, i to na osnovu utvrđenih fizičkih i meteoroloških principa. Evo nekih primera: dewpoint (količina rose?) ne može premašiti sobnu temperaturu; malo je verovatno da će doći do padavina bez oblačnosti ili nakon što su oblaci tek prošli; non-zero brzina vetra i nulti pravac vetra ukazuju na to da postoji neki problem u vezi sa senzorom za brzinu vetra; i na kraju, nulta prosečna brzina vetra i non-zero pravac vetra ukazuju na to da je senzor za brzinu vetra neispravan.

Osmatranja koja se ručno unose

Kada se neka količina ručno unese u AMS, moguće je sprovesti provere unutar senzora i među različitim sensorima. U publikaciji SMO (1993) date su neke provere konzistentnosti, i to provere trenutnih vremenskih prilika i vidljivosti; trenutnih vremenskih prilika i oblačnosti; informacija o oblačnosti, vremenskim uslovima i oblacima; trenutnih vremenskih prilika i temperature vazduha; trenutnih vremenskih prilika i temperature rose; visine oblaka i tipova oblaka; i na kraju, stanja mora i brzine vetra.

Hardverske provere

Tokom upotrebe, sa starenjem hardverskih komponenti, usled izlaganja netestiranim situacijama, neodržavanja, defektnog proizvoda itd, pogoršava se i rad AMS. Zbog toga je vrlo važno sprovesti i izvršavati automatski i periodično interne auto-provere uz pomoć ugrađene opreme za testiranje hardvera AMS i dobijene rezultate dostavljati odgovarajućim službenicima ili pak pohranjivati rezultate u bafere. Ovi baferi se potom

mogu pregledati, a informacije koje oni sadrže mogu se koristiti kako bi se merenja klasifikovala u sledeće tri kategorije: ispravno, pogrešno ili sumnjivo.

Provera poruka

Za AMS koje su opremljene softverom za šifriranje poruka i za prenošenje poruka putem Globalnog telekomunikacionog sistema od presudnog je značaja da se sve ove provere vrše veoma pažljivo. Osim toga, potrebno je proveravati usaglašenost sa propisima u pogledu karaktera, broja, formata itd. U slučaju vrednosti koje su klasifikovane kao sumnjive, potrebno je sprovesti odgovarajući postupak.

1.3.2.9 Skladištenje podataka

Obrađeni i ručno osmotreni podaci, uključujući i informacije o statusu kontrole kvaliteta (podaci o održavanju), moraju se baferovati ili privremeno uskladištiti u AMS. To zahteva odgovarajuću bazu podataka, koja se mora novelirati u realnom vremenu. Potreban broj ćelija i memorije za bazu podataka određuje se kao funkcija maksimalnog mogućeg broja senzora, posrednih podataka, izvedenih količina i kao potrebna autonomija stanice. U globalu, usvaja se cirkularna struktura memorije, koja omogućava da se stari podaci izbrišu unosom novih podataka nakon određenog vremena. Struktura baze podataka bi trebalo da omogući lagan i selektivan pristup putem algoritama za transfer i prenos podataka.

U zavisnosti od zahteva osmatranja i tipa stanice, podaci se mogu prenositi u redovnim vremenskim intervalima iz glavne memorije AMS u druge vrste memorija, kao što je napr. prenosiva memorija.

1.3.2.10 Prenos podataka

U zavisnosti od operativnih zahteva i objekata za prenos podataka, prenos podataka između neke AMS i lokalnih korisnika ili centralnog mrežnog procesing sistema može se odvijati na nekoliko različitih načina, na primer:

- (a) Kao reakcija na spoljne komande (a ovo je uobičajeni način s obzirom da omogućava veću kontrolu nad stanicom), kao što su inicijalizacija, podešavanje i resetovanje sata u realnom vremenu, zaustavljanje rada neispravnih senzora, selektivni transfer podataka, itd. Nakon što se izvrši kontrola prijema i prenosa neke spoljašnje komande, raspored zadataka aktivira odgovarajući zadatak ili pod-proceduru koju zahteva ta komanda;
- (b) U periodičnim vremenskim intervalima, koje kontroliše vremenski raspored AMS;
- (c) U vandrednim situacijama, kada određeni meteorološki pragovi budu pređeni.

U globalu, moguće je koristiti spremne softverske pakete za prenos podataka kod pravilnog transfera podataka, za kontrolu i regularne protokole transmisije. Kako uređaji za prenos podataka nailaze na nekoliko interfejs izvora, treba obratiti pažnju na adekvatno šifriranje grešaka, kao što su bit parnosti (parity bits) i ciklični redundantni kod (cyclical redundancy). U nastavku sledi kratak pregled nekih telekomunikacionih opcija za osnivanje mreže AMS.

Jednosmerne komunikacije

Jednostavnija mreža AMS mogla bi da koristi jednosmernu komunikaciju tamo gde daljinski upravljane stanice rade prema vremenskom ciklusu, za skeniranje kanala senzora, ili pak kada dođe do alarmantne situacije, za pozivanje telefonskim putem centralnog kompjutera za kontrolu i akviziciju podataka, i nakon što uspostave vezu, za slanje svojih poruka koje sadrže podatke. Svaka AMS mogla bi da ima serijski interfejs za neki analogni modem, a prenos podataka mogao bi da se odvija brzinom od, napr. 9.600 bitova u sekundi (bps) ili uz pomoć audio tonova. Prednost ovog 'point-to-point' komunikacionog sistema je što on koristi pouzdanu i jednostavnu tehnologiju i obične telefonske linije. Cena toga ne bi smela biti velika, u zavisnosti od tarifne formule koja u sebi sadrži udaljenost i vreme povezivanja. Mane ove opcije su delimična sigurnost podataka; to što količine podataka ne smeju biti velike; što se ne može koristiti moćna mrežna arhitektura, i to što telekomunikacione kompanije mogu ubuduće ograničiti pristup analognim kolima podataka jer se tehnologija nezadrživo kreće ka širokopoljnim digitalnim mrežama (broadband digital network).

Dvosmerne komunikacije

Moćnija mreža ima dvosmerne komunikacije, tako da jedan centralni kompjuter može pozivati stanice, ne samo u neko određeno sinoptičko vreme, ili na svakih sat vremena, već i na osnovu spontanog pristupa, kada neki prognostičar ili hidrolog poželi da dobije aktuelni izveštaj o vremenskim uslovima na određenoj lokaciji ili lokacijama. Stanice u tom slučaju započinju proceduru šaljući sopstvene alarmirajuće poruke u realnom vremenu. Ova dvosmerna komunikacija takođe omogućava stanici da šalje komandne poruke kako bi promenila svoj način funkcionisanja ili kako bi preuzela novi softver na svom procesoru.

Osnivanje mreže AMS

Mreža koristi kopnenu liniju ili radio komunikacije (naročito u slučaju vrlo udaljenih lokacija), ili pak kombinaciju ova dva. Prednost korišćenja dobavljača telekomunikacionih usluga (telecommunications service provider) je to što sva odgovornost za održavanje mreže usluga, a verovatno i komunikacionih interfejsa leži na dobavljaču (provajderu), koji treba spremno da reaguje na izveštaje o neispravnosti sistema AMS, koji šalje menadžer tog sistema. Treba napomenuti potrebu da se odredi gde se nalazi greška u sistemu (AMS ili telekomunikaciona kola), što može biti problematično. AMS mreže često koriste dial-up električna kola u okviru Javne komutirane telefonske mreže (PSTN), sa troškovima koji zavise od udaljenosti i vremena povezivanja, kao i od tarifa lokalnog komunikacionog provajdera. Druga opcija je 'privatna mreža' koja se zasniva na privatnim iznajmljenim linijama nekog određenog kvaliteta. Ovde ne postoji čekanje prilikom uspostavljanja veze, veća je brzina prenosa i vrlo je izvesno da se kolo neće prekidati. Cene iznajmljivanja zavise od udaljenosti linija,

a ne od količine podataka. Troškovi su veći od troškova *dial-up*-a, ako se radi o relativno maloj količini podataka.

Integrirana digitalna mreža usluga

Mnoge telekomunikacione kuće nude integriranu digitalnu mrežu usluga koje omogućavaju prenos u formi glasa, podataka i video materijala sa modulacijom puls-kod preko PSTN kablova i prekidača. Osnovni kanal omogućava prenos podataka do 64 kbps, koji je dovoljan za X.25 packet-switch ili frame-relay protokole. Digitalna kola obezbeđuju veoma veliku sigurnost podataka.

Komunikacije u WAN mreži (WAN – wide area network – mreža širokog područja)

Sa globalnim povećanjem cirkulacije podataka i upotrebom savremenih komunikacionih protokola, kao i sa sve većim računarskim kapacitetima i memorijama na udaljenim terminalima, danas je uobičajeno gledati udaljene AMS i centralni kompjuter za kontrolu i akviziciju podataka kao čvorove na mreži širokog područja (WAN). Podaci ili kontrolna poruka se dele u 'pakete' prema određenim pravilima (protokolima) kao što je X.25 ili neki brži štafetni prenos okvira (frame relay). Svaki paket sa podacima se rutira kroz mrežu komutovanih podataka telekomunikacionog provajdera i može stići na odredište različitim trasama. Kada stignu na destinaciju, paketi se ponovo prevode pomoću assemblera prema protokolu, nakon više različitih zakašnjenja, kako bi se poruka reformatirala. Otkrivanje grešaka zajedno sa automatskim ponovnim slanjem oštećenih ili izgubljenih paketa obezbeđuje pouzdanost prenosa (transmisije). Ovo je vrlo različito od običnih PSTN, koje se zasnivaju na tehnologiji komutiranja električnih kola, i u kojima se dodeljuje jedna linija za prenos između dve strane. Komutiranje električnih kola je idealno kada je potreban brz prenos podataka (kao što je audio i video materijal) u realnom vremenu koji stižu po istom redosledu po kojem su poslani. Komutiranje paketa je efikasnije i pouzdanije za podatke koji podnose kraće kašnjenje u prenosu. Troškovi poruka zavise od vremena povezivanja i obima podataka. Trebalo bi da postoji neki način pouzdanog prekida veze kada se završi prikupljanje podataka, jer neispravne AMS mogu da drže otvorenu vezu i tako nanesu neželjene troškove.

Štafetni prenos okvira i asinhroni način transfera

Štafetni prenos okvira je protokol za komutiranje električnih kola i umrežavanje koji se koristi za konektovanje uređaja na mrežu WAN, i koji radi na brzinama od 64 kbps do 2 mbps ili i većim, u zavisnosti od kvaliteta linije. Za razliku od point-to-point privatne linije, mrežna komutacija se odvija između AMS i centralne stanice. Postoji zapravo jedna privatna linija sa čvorom na mreži štafetnog prenosa okvira, a i udaljena lokacija ima privatnu liniju sa obližnjim čvorom štafetnog prenosa okvira. Korisnik dobija „virtuelnu privatnu mrežu“. Troškovi su manji i ne zavise od obima podataka ili

potrošenog vremena konekcije. Ovaj štafetni prenos okvira se u nekim oblastima zamenjuje novim bržim tehnologijama, kao što je asinhroni način transfera (asynchronous transfer mode – ATM). Protokol ATM pokušava da kombinuje najbolja rešenja – zagarantovanu isporuku mreža komutiranih električnih kola i pouzdanost i efikasnost mreža za komutaciju paketa.

Protokol transmisije

Jedan de facto standard za mrežni prenos između više kompjutera je Protokol kontrole transmisije/Internet protokol (TCP/IP). Internet protokol određuje format paketa, pod nazivom „datagram“ i shemu adresiranja. Savršeni TCP protokol utvrđuje virtuelnu konekciju između izvora i destinacije, tako da je istovremeno moguće prosledjivati dvosmerne nizove podataka, tako da se datagrami isporučuju po ispravnom redosledu uz ispravljanje grešaka ponovnom transmisijom. TCP takođe upravlja protokom podataka između softverskih aplikacija. Funkcionisanje Interneta se zasniva na TCP/IP protokolima, a IP se takođe koristi u mrežama WAN, tamo gde čvorovi imaju odgovarajući kapacitet obrade i preko te mreže se razmenjuju veliki obimi podataka. IP omogućava da se analize podataka AMS i stanja na putevima vrše u kompjuteru centralne stanice i da budu dostupni nacionalnim i regionalnim upravama za puteve putem privatnog Intraneta.

Komutirana ili namenska električna kola

Potrebno je da se odluči da li će se koristiti jeftinija komutirana električna kola podataka, u kojem slučaju pristup telekomunikacionoj mreži mora da se deli sa ostalim korisnicima, ili će se iznajmiti mnogo skuplja namenska električna kola koja obezbeđuju pouzdane komunikacije velike brzine u realnom vremenu. Komutirana mreža će imati određeno zakašnjenje od nekoliko sekundi prilikom formiranja električnog kola, ali protokoli sa komutiranim paketima ovo rešavaju bez problema. Ipak, u donošenju odluke treba uzeti u obzir pouzdanost, količinu podataka koji se razmenjuju u svakoj poruci ili posebna preuzimanja sa Web-a na udaljene stanice, kao i operativnu potrebu za komunikacijama u realnom vremenu. Na izbor vrste komunikacija će takođe uticati i godišnje doba. Ako je ključna potreba za meteorološkim podacima koncentrisana na nekoliko meseci u godini, održavanje namenske komunikacione mreže tokom cele godine nameće visoke troškove. Realni troškovi slanja poruke zavisice od tarifnih formula telekomunikacionih kompanija, i sadrže faktore kao što je prosečna brzina slanja podataka, udaljenost linka, vreme konekcije kao i da li određena kompanija ima terminalne modeme. Lokalne telekomunikacione kompanije spremne su da pruže savete u pogledu usluga koje pružaju.

1.3.2.11 Održavanje i kalibraža

U softver koji omogućava održavanje i kalibražu polja ugrađuju se posebne softverske procedure. Ove aktivnosti obično podrazumevaju puštanje interaktivnih programa za testiranje određenog senzora, rekonfiguraciju AMS nakon zamene senzora ili modela, resetovanje sistemskih parametara, telekomunikacione testove, unošenje novih konstanti kalibraže itd. U globalu, održavanje i kalibraža vrše se u off-line operativnom modu, što privremeno prekida normalno funkcionisanje stanice.

1.3.2.12 Prikaz podataka

Pored procedura za prikaz podataka za različite funkcije koje su maločas pomenute, operativni zahtevi često određuju da selektovani podaci budu prikazani lokalno sa periodičnim izmenama u realnom vremenu, ili na LED displejima, postojećim terminalima, ili na posebnim ekranima. Primeri toga su AMS na aerodromima i na ekološkim kontrolnim sajtovim. U nekim zemljama se traži štampani primerak lokalnih podataka ili grafički prikaz.

1.4 POSTAVLJANJE AUTOMATSKE METEOROLOŠKE STANICE

Postavljanje jedne AMS je veoma teško i potrebno je još mnogo istraživanja na ovom planu. Opšti princip je da stanica treba omogućiti merenja koja su, i biće reprezentativna za okolnu zonu, čija veličina zavisi od meteorološke primene. Smernice za konvencionalne stanice koje važe i za AMS date su u Delu I, kao i u SMO (1989a; 1990b; 2003a).

Neke AMS moraju da rade dugo vremena bez održavanja na lokacijama sa teškim pristupom, kako kopnenim tako i morskim putevima. Troškovi izgradnje mogu biti visoki, a često postoje i dodatni troškovi servisiranja. Ove stanice se često napajaju iz veoma nepouzdanih izvora ili sa mesta gde ne postoji permanentan izvor struje. Trebalo bi razmotriti dostupnost telekomunikacionih objekata. Treba uzeti u obzir mere bezbednosti (protiv udara groma, poplava, krađe, vandalizma itd.), i stanice moraju, naravno, biti u mogućnosti da podnesu ozbiljne meteorološke uslove. Troškovi sistema neke automatske stanice koji je sposoban da funkcioniše u svim predvidljivim okolnostima su preveliki; pre određivanja tipa ili dizajniranja neke AMS neophodno je u potpunosti razumeti radno okruženje koje se predviđa za tu AMS. U ranoj fazi planiranja, treba izvršiti detaljnu analizu relativne važnosti meteoroloških i tehničkih uslova tako da se izaberu i odobre odgovarajuće lokacije pre znatnijih ulaganja u instalaciju.

1.5 CENTRALNA MREŽNA OBRADA PODATAKA

Jedna AMS obično predstavlja deo mreže meteoroloških stanica i prenosi svoje obrađene podatke ili poruke u centralni mrežni procesing sistem različitim telekomunikacionim sredstvima. Utvrđivanje funkcionalnih i, shodno tome, tehničkih zahteva nekog centralnog sistema je složen i često potcenjen zadatak. On zahteva dobru saradnju između dizajnera AMS, stručnjaka za telekomunikacije i softver, kao i korisnika podataka. Treba doneti odluke u vezi sa zadacima koji se moraju izvršiti u centralnom sistemu i u AMS. U zavisnosti od primene, određene funkcije u nekoj AMS treba prebaciti na centralni sistem gde postoji veći kompjuterski potencijal i memorija. Primeri za to su dugački

matematički proračuni, kao što je redukcija atmosferskog pritiska i šifriranje meteoroloških poruka. Baferi podataka AMS mogu se svesti na operativni minimum kada se redovno prenose u centralni sistem. Dobra je praksa da se prvo dođe do dogovora o funkcionalnim zahtevima kako centralnog sistema tako i AMS pre nego što se odrede njihovi tehnički zahtevi.

1.5.1 Sastav

Sastav centralnog sistema mrežne obrade zavisi ne samo od funkcija koje se izvršavaju, već i od lokalnih objekata. Mogu se koristiti moćni personalni kompjuteri ili radne stanice, koje funkcionišu u realnom vremenu, mogu da izvršavaju više zadataka odjednom i da opslužuju više korisnika. Koriste se, međutim, postojeći telekomunikacioni i procesing sistemi. Procesing sistemi centralne mreže se sve više integrišu u lokalnu mrežu što omogućava distribuciju i izvršavanje zadataka na najpogodnijem mogućem mestu od strane odgovarajućih ljudi.

Osnovne funkcije centralnog mrežnog sistema su prikupljanje podataka, uključujući i dešifrovanje poruka iz mreže AMS, daljinsko upravljanje i održavanje AMS, monitoring mreže i kontrolu kvaliteta podataka, dalju obradu podataka u cilju zadovoljavanja korisničkih zahteva, pristup mrežnoj bazi podataka, prikaz podataka i transfer podataka unutrašnjim ili spoljašnjim korisnicima. U ove poslednje spadaju i Globalni telekomunikacioni sistem, ako se podaci razmenjuju na međunarodnoj osnovi.

1.5.2 Upravljanje kvalitetom podataka iz mreže

O ovoj temi biće više reči u Delu III, Poglavlje 1. Operaterima na mreži se preporučuje sledeće:⁷

- (a) Da naprave i testiraju sisteme monitoringa merenja u približno realnom vremenu, u kojima se prikazivane vrednosti redovno testiraju u odnosu na analizirana polja koja odgovaraju istoj lokaciji merenja;
- (b) Da utvrde efikasne procedure povezivanja između usluga monitoringa i odgovarajućih usluga održavanja i kalibraže kako bi se omogućila brza reakcija na izveštaje sistema monitoringa o kvaru ili nefunkcionalnosti.

Automatizovane procedure kontrole kvaliteta na nekoj AMS imaju svoja ograničenja a neke greške, kao što su napr. dugoročna odstupanja u sensorima i modulima, mogu ostati neotkrivene čak i uz najsofisticiranije moguće kontrole. Prenos podataka iz neke AMS još jedan je izvor grešaka. Zbog toga se preporučuju dodatne procedure kontrole kvaliteta koje će vršiti sistem monitoringa mreže, koji čini deo centralnog mrežnog sistema. Procedure kvaliteta kontrole od suštinske važnosti u takvom sistemu monitoringa su:

- (a) Otkrivanje grešaka u prenosu podataka; tražene procedure zavise od protokola transmisije i cikličnih redundantnih kodova koji se koriste;
- (b) Provera formata i sadržaja SMO kodiranih poruka (SMO, 1993);

⁷ Preporuke Komisije za instrumente i metode osmatranja, donesene na 9.-oj sednici (1985) u formi Preporuke br. 5 (CIMO-IX)

- (c) Dalja obrada podataka kako bi se isključili ili na drugi način obradili podaci označeni kao pogrešni ili sumnjivi u fajlovima održavanja jedne AMS.

Interaktivni sistemi prikaza takođe omogućavaju komplementarnu kontrolu kvaliteta ulaznih podataka. Vremenske serije za jednu ili više varijabli i za jednu ili više stanica mogu biti prikazane na ekranima u boji; obučeno i iskusno osoblje može koristiti i statističku analizu u detekciji kratkoročnih i dugoročnih anomalija koje ne mogu uvek detektovati potpuno automatski algoritmi za kontrolu kvaliteta.

Algoritmi monitoringa, uz pomoć kojh se prikazane vrednosti redovno testiraju u vremenu i prostoru u odnosu na neko analizirano numeričko polje, vrlo su moćan način da se otkriju greške i utvrdi potreba za daljom proverom ili popravljanjem. Relativno mala stopa turbulentnih fluktuacija u atmosferskom pritisku i pouzdanost sa kojom se lokalni geografski uticaji mogu otkloniti svođenjem svih osmatranja na zajednički referentni nivo čine atmosferski pritisak glavnim kandidatom za ovu vrstu kontrole kvaliteta. Izračunavanjem proseka u prostoru ili vremenu osmatranja sa drugim varijablama treba takođe da budu podvrgnuta ovoj analizi. Ipak potrebno je pažljivo razmotriti lokalne orografske uticaje.

1.6 Održavanje

Troškovi servisiranja mreže automatskih stanica na kopnu, a posebno na moru, mogu znatno premašiti troškove kupovine istih. Zbog toga je od suštinskog značaja da AMS budu dizajnirane sa najvećom mogućom pouzdanošću i održivošću. Često je opravdano uložiti u posebnu zaštitu od faktora vezanih za životnu sredinu, čak i kada su inicijalni troškovi visoki.

Očigledno je da svaki složeniji sistem zahteva održavanje. Redovno održavanje i popravka je neophodno u slučaju neispravnosti bilo koje komponente. Hardverske komponente mogu da otkazu iz više razloga; kompjuterski programi mogu takođe da budu neispravni zbog grešaka u dizajnu koje mogu duže vremena proći nezapaženo. U cilju svođenja na minimum ovog 'korektivnog' održavanja i povećanja učinka AMS, preporučuje se dobra organizacija preventivnog održavanja. Preventivno održavanje potrebno je za sve systemske komponente, ne samo u smislu čišćenja i podmazivanja mehaničkih delova. S obzirom na sve veću pouzdanost elektronskih komponenti neke AMS, preventivno održavanje, uključujući i servisiranje i kalibražu senzora, postaće kontrolni faktor održavanja.

Adaptivno održavanje je potrebno kako bi se išlo u korak sa brzim promenama u tehnologiji i dostupnošću rezervnih delova kako vreme prolazi. Zaista, troškovi popravke i zamene komponenti se često povećavaju nakon što neki sistem nije više aktivan, zbog čega je neophodno zameniti module novima sa različitom tehnologijom, jer zamena jednog dela istim takvim drugim delom se retko dešava. Primeri za to su prenos podataka sa jednog medijuma za snimanje na drugi, i programa i operativnih sistema sa jednog procesora na drugi, uvodeći pritom modularne izmene zbog pouzdanosti sistema, povezujući se sa novim telekomunikacionim sistemima, itd. U cilju smanjenja troškova

ovog načina održavanja, poželjno je da se utvrde široko prihvaćeni standardi za opremu i interfejs, kao i za softver, i da se uvrste u tehničku specifikaciju neke AMS.

Pošto je održavanje mreže automatskih stanica često veoma potcenjivano, od suštinskog je značaja da se održavanje organizuje po nekom racionalnom planu u kojem su detaljno prikazane sve funkcije i raspoređene tako da troškove svode na minimum bez nepovoljnih posledica po performansu. Modularna struktura mnogih modernih automatskih stanica omogućava da se održavanje vrši na terenu, ili u regionalnim i nacionalnim centrima.

Terensko održavanje: U globalu, ne preporučuje se da se senzori ili drugi moduli neke AMS popravljaju na terenu jer ne postoje uvek povoljni uslovi za to. Isto tako, zbog visokih troškova personala i relativno niskih troškova opreme, ekonomičnije je baciti neispravne module nego ih popravljati. Preporučuje se da korektivno održavanje na terenu izvodi specijalizovano tehničko osoblje iz regionalnog ili nacionalnog centra, u zavisnosti od veličine jedne zemlje, a da se jednostavno preventivno održavanje ostavi lokalnom osmatraču (kada je to moguće). Periodičan prenos dijagnostičkih informacija i auto-provera koje vrši sama AMS je vrlo dobra praksa kako bi se brzo reagovalo na kvarove.

Regionalni centar: U regionalnom centru treba da postoji tehničko osoblje koje će zamenjivati ili popravljati module i senzore koji zahtevaju otkrivanje i eliminisanje jednostavnih kvarova. Ovo osoblje treba dobro da poznaje funkcionisanje hardvera stanice i mora biti obučeno za izvršavanje procedura održavanja softvera. Ovakvi regionalni centri treba da budu opremljeni sa odgovarajućom opremom za testiranje i dovoljnim rezervnim modulima i sensorima kako bi podržavali održavanje stanica u njihovoj oblasti. Ovim centrima potrebni su adekvatna prevozna sredstva kako bi obavljali terenski posao. Treba staviti akcenat na planiranje i periodične posete udaljenim lokacijama kako bi se videlo da li postoje operativni problemi, vandalizam, uslovi na toj lokaciji, promene i tome slično. Moraju se utvrditi procedure za hitne posete različitim stanicama, u zavisnosti od prioriteta definisanih na nivou stanice.

Nacionalni centar: Nacionalni centar zahteva stručnije tehničko osoblje, koje treba da bude sposobno da otkriva i eliminiše složene probleme u sensorima, modulima i sredstvima za prenos podataka. Oprema neophodna za proveru i ispravljanje svih delova neke AMS treba da bude na raspolaganju i taj posao treba uraditi u centru. Sve kvarove treba prijaviti dizajnerima ili snabdevačima koji su nadležni za ispravljanje greška u dizajnu.

Pošto softver igra veoma važnu ulogu u svakoj AMS i u centralnom sistemu mrežne obrade, potrebno je osoblje sa dobrim poznavanjem AMS i softvera centralnog sistema. Treba obezbediti neophodni razvoj softvera i objekte za testiranje. Osim toga, nacionalni centar bi takođe trebalo da bude u mogućnosti da izvršava sve zadatke vezane za adaptivno održavanje.

Kada je reč o kontroli kvaliteta mreže podataka, trebalo bi uspostaviti efikasne procedure povezivanja između usluga monitoringa i odgovarajućih usluga održavanja i kalibraže u cilju što lakšeg i bržeg odgovora na izveštaje monitoring sistema o kvaru ili neispravnosti.

Napred navedene sugestije su pogodne za veće zemlje. Za male zemlje zadatke regionalnih centara bi mogli da preuzmu nacionalni centri. Zemlje u razvoju bi trebalo da razmotre uspostavljanje zajedničkih aranžmana održavanja sa susednim zemljama. Zajednički međunarodni centar za održavanje bi prilično umanjio troškove održavanja. Ovakva međunarodna saradnja, međutim, podrazumevala bi upotrebu slične opreme. Ako neka meteorološka služba nije u stanju da poveća broj zaposlenih ili objekata, mogla bi da angažuje izvođača za mnoge funkcije podrške. Ovakva podrška mogla bi se, primera radi, ugovarati kao deo sistema nabavke. Ugovor o održavanju bi trebalo izuzetno dobro pripremiti, a izvršenje tog ugovora treba veoma pažljivo da verifikuje odgovarajuće osoblje.

Sugestije za tehnike upravljanja kvalitetom date su u Delu III, Poglavlje 1.

1.7 Kalibraža

Senzori, a naročito senzori AMS sa električnim izlazom, s vremenom pokazuju odstupanja u preciznosti i zbog toga im je potreban redovan pregled i kalibraža.

U principu, interval između kalibraža određuje se na osnovu proizvođačke specifikacije o odstupanjima kao i potrebne preciznosti. Međunarodna poređenja SMO-a takođe pružaju neke objektivne pokazatelje odstupanja u preciznosti senzora i odgovarajuće intervale u kalibraži. Kako i moduli za podešavanje signala, i oprema za prikupljanje i prenos podataka takođe čine deo lanca merenja, i njihova stabilnost i ispravno funkcionisanje moraju se periodično kontrolisati ili kalibrisati. U nastavku sledi kratak pregled praktičnih aspekata vezanih za AMS. Za detaljnije informacije o tehnikama i metodama kalibracije pogledajte odgovarajuća poglavlja u Delu I i u Delu III, poglavlje 4.

Početna kalibraža: lako se zaboravi da je neophodno imati odgovarajuće objekte i instrumente za kalibražu pre nabavke i instalacije AMS u cilju verifikacije proizvođačkih specifikacija, testiranja opšte performanse stanice i utvrđivanja da prevoz nije uticao na funkcije merenja opreme.

Terenski pregled: Periodično poređenje u stanici senzora AMS sa standardima putovanja apsolutni je zahtev praćenja performanse senzora. Treba izabrati standarde putovanja koji imaju sličan način filtriranja kao i lanac merenja u AMS i koji imaju digitalni čitač. U mnogim zemljama koriste se dva standarda istog tipa u cilju prevencije eventualnih problema u promeni preciznosti usled prevoza. Da bi mogli da otkriju manja odstupanja, standardi putovanja treba da imaju mnogo veću preciznost od relevantnog senzora na stanici i treba da budu instalirani u procesu poređenja pod istim uslovima kao i senzori. Pošto moduli za podešavanje signala i oprema za prikupljanje podataka kao što je A/D

konvertor mogu takođe da pokažu odstupanja u performansi, treba koristiti odgovarajuće električne referentne izvore i multimetre kako bi se otkrile anomalije.

Pre i nakon terenskih inspekcija moraju se uporediti standardi putovanja i referentni izvori sa radnim standardima laboratorije za kalibražu. Služba održavanja mora se informisati što je pre moguće o otkrivenim devijacijama u preciznosti.

Laboratorijska kalibraža: Instrumenti čiji se interval između dve kalibraže približio kraju, instrumenti koji su tokom terenske inspekcije pokazivali devijacije u preciznosti izvan dozvoljenih granica i instrumenti koje je popravila služba održavanja treba da se vrate u laboratoriju za kalibražu pre ponovne upotrebe. Senzore treba kalibrisati u klimatizovanom okruženju poštujući odgovarajuće radne standarde. Ove radne standarde treba periodično upoređivati i kalibrisati uz pomoć sekundarnih standarda i treba da budu povezani sa međunarodnim standardima.

Takođe treba obratiti pažnju na kalibražu različitih komponenti iz kojih se sastoji lanac merenja i telemetrije, a naročito modula za podešavanje signala. Ovo zahteva odgovarajuću voltažu, struju, standarde električnog kapaciteta i otpora, opremu za testiranje transmisije i digitalne multimetre velike preciznosti. Za kalibražu su potrebni veoma precizni instrumenti ili sistemi za prikupljanje podataka. Za izračunavanje konstanti kalibraže poželjno je imati kompjuter. Ove konstante prate senzor ili modul između dve kalibraže i moraju se unositi u AMS kad god se u njoj zamenjuje ili instalira neki senzor ili modul prilikom terenskog održavanja.

Trebalo bi napraviti raspored periodičnog poređenja sekundarnih standarda kalibracione laboratorije sa nacionalnim, međunarodnim ili regionalnim osnovnim standardima SMO-a.

1.8 Obuka

Pošto se AMS zasniva na primeni tehnologije koja se znatno razlikuje od opreme na konvencionalnim stanicama i mrežama, neophodan je sveobuhvatan pregled postojećih programa obuke i stručnosti tehničkog osoblja. Svaki novi program obuke treba organizovati prema određenom planu koji se prilagođava potrebama korisnika. Ovaj program treba naročito da obuhvati održavanje i kalibraciju o kojima je maločas bilo reči i trebalo bi da bude prilagođen sistemu. Tražiti od postojećeg osoblja da preuzme nove funkcije, čak i kad imaju mnogo godina iskustva sa konvencionalnim stanicama, nije uvek moguće i može stvoriti ozbiljne probleme ako oni nemaju osnovno znanje o električnim senzorima, digitalnim tehnikama i mikroprocesorima, ili kompjuterima. Možda će biti neohodno da se zaposle novi ljudi koji imaju takvo znanje. Stručnjaci iz različitih oblasti koje se bave automatskim stanicama treba da budu prisutni duže vreme pre instalacije jedne mreže AMS (vidi SMO, 1997).

Od suštinskog je značaja da proizvođači opreme za AMS dostave veoma iscrpnu operativnu i tehničku dokumentaciju zajedno sa operativnim i tehničkim kursevima obuke. U globalu potrebna su dva seta proizvođačkih dokumenata: korisnički priručnici za obuku i upotrebu sistema, i tehnički priručnici sa složenijom dokumentacijom koji

detaljno opisuju operativne karakteristike sistema, sve do nivoa pod-jedinica i elektronskih komponenti, i koji sadrže instrukcije o održavanju i popravci. Ovi priručnici mogu se koristiti kao osnovna dokumentacija za programe obuke koje nudi proizvođač i treba da služe kao referentne knjige kada stručnjaci proizvođača nisu više na raspolaganju za pružanje pomoći.

U nekim zemljama preporučljivo je da se organizuju zajednički kursevi obuke u nekom centru za obuku koji opslužuje nekoliko susednih zemalja. Takav centar za obuku će najbolje funkcionisati ako bude povezan sa određenim centrom za opremu i ako se zemlje dogovore da koriste sličnu standardizovanu opremu.