

Raport Stiintific si Tehnic Etapa I, an 2014: „Resurse si Specificatii”

Aceste rezultate au fost obținute prin finanțare în cadrul programului Parteneriate în domenii prioritare, PN II, derulat cu sprijinul MEN – UEFISCDI, proiect nr. PN-II-PT-PCCA-2013-4-1660: „Sistem Mobil de Asistare Vocala în Reintegrarea Persoanelor cu Afonii Chirurgicale”
SWARA

© 2014 – SWARA

Acest document este proprietatea organizațiilor participante în proiect și nu poate fi reprodus, distribuit sau diseminat către terți, fără acordul prealabil al autorilor.

Denumirea organizației participante în proiect	Acronim organizație	Tip organizație	Rolul organizației în proiect (Coordonator/partener)
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca	UTCN	UNI	CO
SC FORTECH SRL	FORTECH	SRL	P1
Universitatea de Medicină și Farmacie Iuliu Hațieganu	UMF	UNI	P2
Universitatea Babeș-Bolyai	UBB	UNI	P3

Date de identificare proiect

Număr contract:	Nr. 6 / 2014, PN-II-PT-PCCA-2013-4-1660
Acronim / titlu:	SWARA – „Sistem Mobil de Asistare Vocală în Reintegrarea Persoanelor cu Afonii Chirurgicale”
Titlu raport:	Raport Stiintific si Tehnic (Etapa I, 2014)
Termen:	Decembrie 2014
Editor:	Mircea Giurgiu (Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca)
Adresa de eMail editor:	Mircea.Giurgiu@com.utcluj.ro
Autori, in ordine alfabetică:	Magdalena Chirila, Daniela Condrea, Mihaela Dinsoreanu, Daniel David, Mircea Giurgiu, Reka Hints, Camelia Lemnar, Silviu Matu, Rodica Muresan, Remus Pop, Rodica Potolea, Bogdan Orza, Radu Soflau, Adriana Stan
Ofițer de proiect:	Mihaela Frațilă

Rezumat:

Acest document prezinta o sinteza a realizarilor de natura stiintifica si tehnica obtinute in prima etapa de implementare a proiectului SWARA (perioada Iulie – Decembrie 2014). Realizarile se refera la indexarea bazelor de date de semnal vocal, a resurselor de text si adnotari de natura lingvistica, a instrumentelor software utilizate in procesarea semnalului vocal si a textului aplicate in scopul sintezei din text a vorbirii. Pe aceste fundamente au fost elaborate specificatiile functionale pentru componentele software ale sistemului de sinteza, in conformitate cu obiectivele etapei. Aceste obiective au fost integral realizate, iar rezultatele activitatilor recurente sunt prezentate in detaliu in patru rapoarte: „Resurse disponibile si specificatiile sistemului de sinteza”, „Raport asupra functionalitatilor sistemului si a scenariilor predefinite”, „Cadrul tehnic al bazei de date”, „Specificatiile sistemului de sinteza in Cloud”. Pe baza acestor specificatii va fi dezvoltat sistemul de sinteza in etapa urmatoare. De asemenea, acest raport prezinta detalii referitoare la activitatile de management si comunicare, precum si de diseminare a rezultatelor.

Cuprins

1. Contextul proiectul si obiectivele generale.....	4
1.1. Motivare	4
1.2. Obiective generale.....	5
1.3. Provocari de natura stiintifica si tehnica	5
2. Gradul de realizare a obiectivelor pentru Etapa 1	6
2.1. Obiectivele specifice ale Etapei 1	6
2.2. Activitati desfasurate din planul de realizare	7
3. Rezultatele etapei si descrierea lor stiintifica si tehnica	8
3.1. Resurse disponibile si specificatiile sistemului de sinteza	8
3.2. Raport asupra functionalitatilor sistemului si a scenariilor predefinite.....	11
3.3. Cadrul tehnic al bazei de date	12
3.4. Specificatiile sistemului de sinteza in Cloud.....	13
4. Management si comunicare	15
5. Diseminarea rezultatelor.....	15
6. Concluzii	16
7. Referinte la livrabile aferente etapei	17

1. Contextul proiectul si obiectivele generale

1.1. Motivare

SWARA¹ (Sistem Mobil de Asistare Vocală în Reintegrarea Persoanelor cu Afonii Chirurgicale) are scopul de a ajuta persoanele care și-au pierdut abilitatea de a vorbi să fie capabile să ia parte la viața cotidiană, fără restricții privind comunicarea cu cei din jur. Laringectomia totală efectuată pentru un cancer laringian sau hipofaringian avansat este cea mai frecventă cauză de afonie.

Studiile arată că pacienții ce au suferit laringectomia totală refuză, evită sau nu reușesc să folosească protezele vocale oferite azi pe piață pentru a comunica verbal cu familia sau cu alți membri ai societății. În plus, atât pacienții cât și familiile acestora, sau chiar prietenii apropiați au dificultăți în a accepta calitatea slabă a noii voci sau chiar a aparatului respectiv. Sistemele de sinteză de voce sunt deja utilizate ca tehnologie de asistare a persoanelor care din diverse motive și-au pierdut capacitatea de a vorbi. Aceste sisteme au totuși o serie de dezavantaje, printre care se află natura leștea vorbirii, numărul limitat de voci disponibile, precum și dificultatea de a personaliza aceste voci sintetice. În plus, editarea mesajului se face prin tastarea fiecărei litere, rezultând pauze în conversație și o interacțiune greoaie între utilizator și interlocutor.

SWARA (Sistem Mobil de Asistare Vocală în Reintegrarea Persoanelor cu Afonii Chirurgicale) va dezvolta un sistem de sinteză text-vorbire asistiv, rapid și eficient pentru pacienții laringectomizați, fapt ce le va permite să interacționeze cu restul persoanelor într-o manieră cât mai apropiată de cea naturală, folosind o voce personalizată.



Figura 1.1. Schema generală a sistemului propus

Contextul cercetărilor propuse își are originea în avansul științific și tehnologic atât din domeniul sintezei vorbirii, cât și a resurselor computaționale și de acces la servicii web prin intermediul dispozitivelor mobile. În cadrul sintezei parametrice de voce, una dintre cele mai recente direcții de cercetare se referă la utilizarea unei cantități limitate de înregistrări de voce pentru crearea unei noi voci sintetizate. Această metodă este denumită adaptarea vorbitorului și reprezintă una dintre cele mai importante inovații din domeniu, permițând astfel o personalizare cât mai fină a ieșirii sistemului. Integrarea sintezei de voce ca servicii web și accesul pe dispozitive mobile este realizată la diferite nivele de complexitate, existând numeroase aplicații care facilitează utilizarea vocilor sintetizate ca și metodă de interacțiune om-mașină.

Pornind de la aceste realizări s-a propus un modul inteligent de interfațare a textului și evaluări psihologice ale nevoilor și așteptărilor pacienților pentru a crea cu adevărat o tehnologie medicală asistivă. Modelul experimental rezultat va include 3 componente: un sistem de sinteză text-vorbire, un modul de predicție a textului secondat de metode incipiente de citire automată a buzelor, respectiv accesul serviciilor de sinteză, în Internet, de pe un sistem mobil (vezi figura de mai sus).

¹ "Swarā" înseamnă "voce" în limba javaneză, limbă vorbită în Indonezia

1.2. Obiective generale

Pe baza evaluării stadiului actual în domeniul sintezei din text a vorbirii și a analizei dezvoltării tehnologiilor de asistență vocală pentru persoanele cu afonii, au fost stabilite următoarele obiective generale:

Obiectivul 1: Sistem de sinteză text-vorbire personalizat:

Se va proiecta și dezvolta un sistem ce va permite generarea vocilor personalizate în cadrul sistemului de sinteză. Acest obiectiv va fi atins prin utilizarea metodelor de adaptare la vorbitor de ultimă generație, pentru a crea voci ce se aseamănă cât mai bine cu vocea pacientului. În cazul în care nu există o voce de referință (pacientul nu a putut fi înregistrat înainte de a-și pierde vocea), pacientul va putea selecta sau crea o voce din cele disponibile în banca de voci.

Obiectivul 2: Redactarea rapidă și eficientă a textului:

Proiectul va dezvolta un sistem de predicție a textului în limba română, adaptabil la context, cu accent special asupra nevoilor și scenariilor de utilizare ale persoanelor cu deficiențe de vorbire. Vom testa, de asemenea, și experimente preliminare de laborator pentru recunoașterea mișcării buzelor în timpul vorbirii.

Obiectivul 3: Tehnologie portabilă:

SWARA își propune să creeze o aplicație accesibilă în Internet de pe echipamente mobile, inteligentă, prin intermediul căreia să poată fi accesat serviciul de sinteză a vorbirii în Cloud. Cu această alternativă la dispoziție, pacienții vor putea să utilizeze vocea sintetizată în diferite situații conversaționale.

1.3. Provocări de natură științifică și tehnică

Pe baza indexării resurselor existente (date pentru antrenare: voce și text, respectiv componente software) și în concordanță cu obiectivele propuse s-au definit specificațiile generale pentru următoarele direcții de cercetare științifică și dezvoltare tehnologică din următoarele etape:

- **realizarea unui sistem de sinteză text-vorbire de înaltă calitate în limba română**

Se va dezvolta un sistem de sinteză parametrică de o calitate crescută a vorbirii sintetizate prin introducerea unor dezvoltări suplimentare atât în partea de procesare de text, precum și în partea de modelare acustică.

- **crearea bazei de date audio-video**

Se va crea o bază de date multimodală, audio-video, în care se va urmări o foarte bună sincronizare a informației audio cu cea video și o adnotare cât mai exactă a acestora cu textul. Partea audio va fi folosită pentru crearea vocilor sintetice, iar partea video va fi folosită pentru experimente preliminare privind recunoașterea vizuală a vorbirii pe un set limitat de cuvinte.

- **dezvoltarea unor modele de predicție asistivă a textului în funcție de context.**

Predicția asistivă a textului va avea în vedere antrenarea unor modele de limbaj pe baza de n-gram și analiza semantică latentă pentru a realiza predicții în funcție de contextul utilizatorului.

- **experimentarea recunoașterii vizuale a vorbirii**

Se va dezvolta un model de recunoaștere vizuală a vorbirii pentru un dicționar redus de cuvinte cu scopul de a experimenta în laborator doar posibilitatea integrării unor astfel de module în tehnologia asistivă, ca și componenta complementară.

- **dezvoltarea de noi modele de adaptare a vocilor pentru vorbirea sintetica**

Se vor investiga noi modele de adaptare rapida si robusta prin proceduri offline si prin utilizarea unor metrice de similaritate, astfel incat sa se poata construi usor voci personalizate, inclusiv prin proceduri de interpolare.

- **evaluarea vocilor sintetice in interactiune sociala**

Se vor realiza studii si evaluari psihologice privind perceptia vocilor sintetice secondate de mimica si gesturi, comparat cu testele de perceptie standard, in scopul cresterii perceptiei naturaleii vorbirii sintetizat.

- **dezvoltarea serviciilor web de sinteza text vorbire pentru acces in Internet de pe terminale mobile**

Se va dezvolta un ansamblu de servicii web pe baza platformei IaaS (Internet as a Service) cu functionalitati de sinteza text-vorbire si a unei interfete unificate pentru accesarea acestor servicii in Internet de pe terminale mobile. Aceste servicii vor fi utilizate pentru evaluarea de catre utilizatori a aplicatiei.

2. Gradul de realizare a obiectivelor pentru Etapa 1

Etapa 1, „Resurse si specificatii” are ca obiectiv principal indexarea resurselor (baze de date de semnal vocal, resurse de text si adnotari de natura lingvistica ale acestora, instrumente software utilizate in procesarea semnalului vocal si a textului aplicate in scopul sintezei din text a semnalului vocal) si elaborarea specificatiilor functionale pentru componentelor software ale sistemului de sinteza.

Aceste specificatii au fost definite in contextul cerintelor impuse de obiectivele generale ale proiectului: cresterea calitatii semnalului sintetizat pe baza utilizarii unor adnotari suplimentare de natura lingvistica si a unor modele acustice de calitate obtinute dintr-un corpus largit, organizarea tehnica a inregistrarilor si a modului de stocare a corpusului audio-video, crearea unor noi modele de adaptare a vorbitorului in vederea creerii de noi voci sintetice personalizate, dezvoltarea unor modele pentru predictia rapida a textului in functie de contextul utilizatorului, specificatii pentru sistemul de sinteza in Cloud.

2.1. Obiectivele specifice ale Etapei 1

Obiectivele specifice ale Etapei 1, „Resurse si specificatii”, impreuna cu gradul lor de realizare, activitatile si principalele rezultate obtinute sunt prezentate in lista de mai jos.

Obiectiv1.a: *Indexarea resurselor (audio, text si instrumente software) si elaborarea specificatiilor pentru sistemul de sinteza*

Grad realizare: Obiectiv realizat integral

Activitati: Au fost identificate si pregatite corpusurile audio si de text necesare pentru dezvoltarea sistemului de sinteza, s-a pregatit platforma hardware pentru stocarea resurselor (NAS – Network Attached Storage) si instalarea/testarea principalelor instrumente software la partenerii cu profil tehnic, s-au elaborat specificatiile pentru modulele sistemului de sinteza. Algoritmii specifici si metodele de implementare se vor rafina si defini la concret pe masura ce proiectul avanseaza.

Rezultate:

- Resurse audio si de text adnotate, pregatite pentru dezvoltare
- Instrumente software de baza pentru construirea unui sistem de sinteza (se vor dezvolta cu noi componente software in vederea cresterii calitatii semnalului sintetizat)
- Un livrabil (D1.1) sub forma de raport cu titlul „Resurse disponibile si specificatiile sistemului de sinteza”, cu specificarea cerintelor pentru sistemul de sinteza.

Obiectiv1.b: *Identificarea functionalitatilor sistemului si a scenariilor de utilizare pe baza unei analize psiho-cognitive si medicale*

Grad realizare: Obiectiv realizat integral

Activitati: S-a elaborat planul de chestionare a pacientilor si apartinatorilor acestora, s-au elaborat chestionarele, s-a contactat grupul tinta, s-au organizat sesiuni de evaluare prin focus grupuri, s-au analizat si interpretat rezultatele..

Rezultate:

- Chestionare de evaluare
- Rezultatele sesiunilor de tip focus grup si interpretarea acestora
- Un livrabil (D2.1) sub forma de raport cu titlul „Raport asupra functionalitatilor sistemului si a scenariilor predefinite”

Obiectiv1.c: *Crearea infrastructurii tehnice pentru baza de date audio-video*

Grad realizare: Obiectiv realizat integral

Activitati: S-a definit structura si s-a estimat continutul inregistrarilor (conform cu standardul aplicat si in corpusul RSS), s-au alocat resurse hardware intermediare (pana la achizitiile din proiect) pe structura NAS existenta in consortiu, s-au facut instalari hardware si software necesare pentru inregistrari audio-video, s-a elaborat un formular de acord a persoanelor inregistrate privind folosirea vocilor sintetice.

Rezultate:

- Infrastructura tehnica pregatita pentru achizitia de semnale audio-video.
- Un livrabil (D3.1) sub forma de raport cu titlul „Cadrul tehnic al bazei de date”

Obiectiv1.d: *Elaborarea specificatiilor pentru sistemul de sinteza in Cloud*

Grad realizare: Obiectiv realizat integral

Activitati: S-a analizat si testat de catre firma partenera solutia propusa de catre Coordonator si s-au identificat cerintele principale pentru dezvoltarea ca serviciu web, prin teste s-au identificat posibilitatile de optimizare a codului, s-au propus cateva solutii pentru componentele din interfata utilizator.

Rezultate:

- Rezultate ale testarilor si propuneri de optimizare
- Un livrabil (D6.1) sub forma de raport cu titlul „Specificatiile sistemului de sinteza in Cloud”

2.2. Activitati desfasurate din planul de realizare

Pentru realizarea obiectivelor prezentate mai sus s-au desfasurat urmatoarele activitati, conform cu planul de realizare a proiectului:

- indexarea resurselor (audio, text, software) necesare dezvoltarii sistemului de sinteza si elaborarea specificatiilor tehnice;
- identificarea cerintelor utilizatorilor si a scenariilor de utilizare;
- definirea cadrului tehnic pentru baza de date audio-video;
- definirea specificatiilor pentru interfata REST si platforma IaaS.

3. Rezultatele etapei si descrierea lor stiintifica si tehnica

3.1. Resurse disponibile si specificatiile sistemului de sinteza

Rezultatele raportate in aceasta sectiune corespund Obiectivului 1.a din lista de obiective specifice Etapei 1 de implementare, iar ele sunt descrise in extenso in livrabilul D1.1 „Resurse disponibile si specificatiile sistemului de sinteza”. In etapa de raportare s-a realizat o analiza detaliata si o evaluare exacta a resurselor de voce si de text necesare dezvoltării unui sistem de sinteză text-vorbire în limba română (atat componenta de procesare de text, cat si cea de procesare de semnal), precum și a principalilor algoritmi și aplicatii software disponibile. O sinteza a acestor rezultate se prezinta in continuare.

Pentru componenta de procesare a textului au fost elaborate specificatii referitoare la problemele: normalizare, transcriere fonetica, silabificare, pozitionare accent, adnotarea partilor de vorbire si au fost identificate corpusuri de text, dictionare sau lexicoane folosite pentru adnotarea automata a textului. Pentru componenta de procesare de semnal au fost selectate bazele de date audio si aplicatiile software care vor fi folosite pentru crearea de noi voci. In final, cerintele pentru componentele individuale, au fost integrate intr-un ansamblu de specificatii pentru sistemul de sinteza. Identificarea si instalarea corpusurilor de voce / text si a aplicatiile software reprezinta punctul de plecare pentru sistemul de sinteză de înaltă calitate utilizat de aplicația mobilă. In cazul limbii romane, comparat cu alte limbi pentru care se dispune de resurse de date audio si de text anotate si de dimensiuni mari, crearea unor resurse de calitate si integrarea lor intr-un sistem de sinteza text vorbire este un obiectiv inca de actualitate.

Indexarea resurselor si elaborarea specificatiilor pentru sistemul de sinteza a avut in vedere cele două componente majore ale unui sistem de sinteză text-vorbire: procesarea de text și modelarea acustică a înregistrărilor audio. Procesarea de text este unul din cele mai complicate module intr-un sistem de sinteză, fiind puternic dependentă de limbă. In livrabilul D1.1 sunt prezentate detaliat referinte bibliografice la o serie de studii, de importanta stiintifica ridicata, referitoare la procesarea de text în limba română precum: adnotarea părții de vorbire, conversia grafem-fonem sau chiar sisteme complete de procesare de text. Dar fiecare dintre acestea reprezintă metode si instrumente software de sine-stătătoare, cu aplicații limitate.

Dacă modelarea acustică în cadrul sintezei parametrice este independentă de limbă, corpusul cu înregistrări audio pe baza căruia are loc această modelare este o resursă specifica limbii si necesită timp si efort sustinut pentru crearea lui. Din câte se cunoaște, cu excepția bazei de date RSS (Romanian Speech Synthesis), nu există alte resurse disponibile în mod gratuit care să fi fost proiectate special pentru sistemele de sinteză.

Pe baza studiilor si testelor pe cateva sisteme de sinteza text vorbire, s-a decis sa se utilizeze in acest proiect arhitectura dezvoltata de catre Coordonator, arhitectura care are la baza sinteza parametrică în partea de modelare acustică și un procesor de text dezvoltat in varianta minimala. Ambele componente necesita dezvoltari substantiale, atat in partea de procesare a textului cu imbunatatiri specifice limbii romane, precum si in partea de analiza si modelare de semnal, in special pentru modelele de adaptare la noi vorbitori. Astfel, s-a decis ca se vor elimina toate modulele proprietare și se vor înlocui cu unele noi, cu licență liberă non-comercială. În consecinta, firma din cadrul proiectului va avea dreptul de a utiliza aceste module pentru a dezvolta aplicații comerciale ulterioare. Ca și resurse audio vom folosi în prima faza corpusul RSS (Romanian Speech Synthesis corpus), dar vom inregistra aditional si alte baze de date care vor fi folosite pentru crearea vocilor personalizate.

Resurse disponibile pentru procesarea textului si mod de folosire:

Au fost indexate si verificate pentru utilizare in proiect (vezi Tabel 1) o serie de resurse necesare pentru crearea modelelor de procesare a textului. De asemenea, in livrabilul D1.1. sectiunea 2.3 sunt prezentate referinte si specificatii pentru algoritmi si metodele relevante de procesarea a textului in ceea ce priveste problemele de: normalizare, transcriere fonetica, silabificare, pozitionarea accentului si adnotarea partii de vorbire.

Tabel 1. Resurse de text disponibile

Modul/Denumire	Descriere/Observații
Normalizare text	http://simple4all.org/product/text-normalization-datasets/
Simple4All Text Normalization Datasets	Trei seturi de extinderi ortografice pentru numere, date și timp în limbile Română, Engleză și Spaniolă.
Transcriere fonetică	http://users.utcluj.ro/~jdomokos/naviro/
NaviRo	Un lexicon de 2383 de cuvinte cu transcrierea lor fonetică
Silabificare	http://ilr.ro/silabisitor
Silabisitor Online	Corpus cu despărțirea în silabe a aproximativ 60.000 de cuvinte
Poziționarea accentului	http://dexonline.ro
Dexonline	Include 384,500 de definiții și poziționarea accentului.
Adnotarea părții de vorbire	http://nlptools.infoiasi.ro/WebPosRo/
UAIC Romanian Part of Speech Tagger	Serviciu online de adnotare a părții de vorbire în limba română.
UAIC FDG Parser	http://nlptools.infoiasi.ro/WebFdgRo/ Creare arbori de dependență între cuvintele din propoziții/fraze.
Dexonline	http://dexonline.ro Include 384,500 de definiții și partea de vorbire a cuvântului. Nu include însă forme derivate și declinări ale verbelor.
RoCo-News Corpus	Adnotari cu partea de vorbire și lematizare: 7 milioane de intrări, din care 231,626 distincte. Disponibil la autori.

Resurse disponibile pentru procesarea semnalului vocal:

S-a identificat ca resursele de semnal vocal în limba română sunt disponibile într-un număr foarte mic și adesea nu corespund ca și format și conținut cerințelor unui sistem de sinteză. O descriere detaliată este realizată în livrabilul D1.1, secțiunea 3.1. În Tabelul 2 sunt prezentate sintetic resursele audio care au fost selectate pe baza unor cerințe minime necesare dezvoltării unui sistem de sinteză text-vorbire, și anume: minim 30 de minute de înregistrări per vorbitor, vorbire continuă, adnotare ortografică (nu neapărat cu aliniere), disponibilitate. Aceste resurse vor fi dezvoltate în proiect prin noi înregistrări de înaltă calitate.

Tabel 2. Resurse audio disponibile.

Denumire	Descriere
RSS	Romanian Speech Synthesis Database, 3,5 ore de înregistrări de înaltă calitate, vorbitor nativ, de sex feminin; Adnotare integrală la nivel de fonem; Corpus dedicat pentru dezvoltarea de sisteme de sinteză; http://www.romaniantts.com/new/rssdb/rssdb.php
Mara	Carte audio, înregistrarea integrală a operei "Mara" de Ioan Slavici; 11,1 ore de înregistrări de înaltă calitate, vorbitor nativ, profesionist, de sex feminin; Adnotare ortografică parțială, la nivel de propoziție; Disponibil online: http://speech.utcluj.ro/corpora/mara.html
RASC	Romanian Anonymous Speech Corpus; 4,5 ore de înregistrări; Vorbitori multipli; Disponibil online: http://rasc.racai.ro
RPS	Romanian Parliamentary Speeches Corpus; 21 ore de înregistrări din parlamentul României; 339 de vorbitori diferiți; Transcriere ortografică la nivel de vorbitor, fără aliniere. Disponibil online: http://simple4all.org/product/romanian-parliamentary-speeches
RBN	Romanian Broadcast News Corpus; 6 ore de știri în limba română; Adnotat ortografic parțial, Disponibil online: http://simple4all.org/product/romanian-broadcast-news
SSDB	Spontaneous Speech Database for Romanian; 4 ore de show-uri de televiziune în limba română preluate din mediul online; 12 vorbitori, vorbire spontană; Disponibil la autori;

Instrumente software utilizate pentru dezvoltarea sistemului de sinteza

Vom utiliza in proiect o serie de instrumente software de tip open source dedicate pentru dezvoltarea sistemelor de sinteza text vorbire (vezi Tabel 3), integrate cu propriile dezvoltari in ceea ce priveste: procesarea textului in limba romana, noi modele acustice pentru sinteza de semnal, adaptarea vocilor sintetice, predictia rapida a textului in functie de context, precum si cu interfețele utilizator. In livrabilul D1.1 sectiunea 3.2 sunt prezentate mai multe detalii privind justificarea selectarii acestor aplicatii ca instrumente in dezvoltarea sistemului de sinteza.

Tabel 3. Instrumente software disponibile

Denumire	Descriere
Festival	The Festival Speech Synthesis System. Permite utilizarea procesorului de text și în combinație cu modele parametrice create cu ajutorul HTS, dar necesită o customizare elaborată a tuturor modulelor; http://www.cstr.ed.ac.uk/projects/festival/
HTS	HMM-based Speech Synthesis System; Va fi folosit pentru antrenarea modelelor utilizând modele Markov; Include doar partea de analiză și generare de semnal vocal, astfel ca va fi complementat de dezvoltari de module proprii; http://hts.sp.nitech.ac.jp/
Kaldi	Kaldi Project – utilizat pentru recunoașterea automată a vorbirii, dar e adaptabil și pentru sistemele de sinteză; Extensia „Idlak” poate fi utilizată pentru procesarea de text, dar necesită o customizare extinsă; http://kaldi.sourceforge.net/
DNN	Deep Neural Network Speech Synthesis - Framework de antrenare a rețelelor neuronale multistrat ce poate fi utilizat și pentru dezvoltarea sistemelor de sinteză; Sinteza cu DNN are rezultate comparabile cu HTS; http://deeplearning.net/

Specificatiile sistemului de sinteza de inalta calitate

Pe baza evaluarii caracteristicilor resurselor disponibile, a metodelor și algoritmilor existenți, precum și a functionalitatilor disponibile in instrumentele software deja utilizate in procesarea textului și a semnalului vocal, au fost elaborate specificatiile sistemului de sinteză (vezi livrabil D1.1, sectiunea 4). Acest sistem va contine urmatoarele module esentiale:

Resurse / Module:	Specificatii:
<i>Corpus audio:</i>	Initial: RSS și Mara ca și corpusuri deja adnotate și validate in diferite experimente. Final: alte corpusuri cu inregistrari de inalta calitate generate pe durata proiectului.
<i>Adnotare:</i>	Semi-automata, la nivel de fonem, folosind metode de adnotare automata evaluate in proiect. Se vor valida prin teste și evaluari.
<i>Normalizare text:</i>	Normalizare pe un set limitat de cazuri pentru demonstrarea procedurilor de normalizare bazate pe reguli, folosind liste predefinite sau experimentarea unor metode statistice. Functionalitati pentru: detectia elementelor ce necesita normalizare, extinderea numerelor, a datelor și a abrevierilor.
<i>Transcriere fonetica:</i>	Incorporarea lexiconului „NaviRo” pe baza căruia vor fi testate o serie de metode descrise în literatura de specialitate. Se va utiliza formatul standard pentru datelor de transcriere fonetica utilizat in sistemele de sinteza parametrica de tip HTS.
<i>Silabificare:</i>	Se vor cerceta și implementa metode de silabificare bazate pe reguli și exceptii și/sau pe cautare rapidă, care să considere contextul în stabilirea variantei corecte de despărțire. În mod adițional, pentru tratarea excepțiilor se va dezvolta o metodă automată de silabificare pornind de la resursele existente în „Silabisitor Online”.

<i>Predictie accent:</i>	Se va folosi baza de date „Dexonline” și se va utiliza transcrierea fonetică pentru dezvoltarea modelelor de predicție a accentului; aceste modele vor fi optimizate prin considerarea silabificării, respectiv a contextului cuvintelor.
<i>Adnotare parte vorbire:</i>	Initial se vor folosi resursele și adnotările existente. Modulul va avea în vedere lematizarea și contextul general al cuvintelor, pentru o mai bună optimizare a metodei.
<i>Segmentare text:</i>	Se va realiza segmentarea textului la nivel de cuvânt, propoziție și frază. Acest modul nu va include elemente avansate de modelare, fiind bazat strict pe algoritmi de procesare a șirurilor de caractere.
<i>Antrenare modele acustice:</i>	Se va folosi software-ul HTS, modele Markov cu 5 stări și compararea a cel puțin două tipuri de parametrizare: MFCC și GIF;
<i>Integrare sistem:</i>	Integrarea modelelor acustice cu procesarea de text și publicarea lor integrată în mod open source.

3.2. Raport asupra functionalitatilor sistemului si a scenariilor predefinite

Rezultatele raportate in aceasta sectiune corespund Obiectivului 1.b din lista de obiective specifice Etapei 1 de implementare. In acest sens, s-a realizat a analiza profunda asupra cerințelor utilizatorilor la nivel de interfață a aplicației prin intermediul unor proceduri specifice de identificare a nevoilor de tehnologii asistive vocale, de către o echipă de cercetare multidisciplinară: medici (UMF), psihologi (UBB) și cu participarea utilizatorilor și a aparținătorilor acestora. Rezultatele sunt raportate in detaliu in livrabilul D2.1 „Raport asupra functionalitatilor sistemului si a scenariilor predefinite” si in anexele acestuia.

Metodologia de cercetare a urmarit evaluarea modului de utilizare a aparatelor de asistare vocala actuala si identificarea disponibilitatii pentru tehnologii de asistare vocala pe baza de sinteza text vorbire si a functionalitatilor dorite de utilizatori pe echipamente mobile. In acest sens, metodologia s-a implementat in trei etape: interviuri in profunzime cu potentialii beneficiari ai tehnologiei asistive, focus grupuri cu potentialii beneficiari si apartinatorii acestora, precum si un studiu amplu pe baza de chestionare (sectiunea 2 din livrabilul D2.1).

Interviurile personalizate au constituit punctul de plecare, iar pe baza informațiilor colectate s-au calibrat metodele ulterioare. Rezultatele (sectiunea 3.2 din D2.1) celor 3 interviuri arata ca pacientii se declara relativ multumiti de sistemele actuale, in conditiile in care nivelul de comunicare s-a redus foarte mult dupa operatia de laringectomie. Totusi, aceasta atitudine se bazeaza pe comparatia cu conditia in care nu ar putea comunica verbal. Ghidul de interviu se află în Anexa 1, iar transcripturile interviurilor realizate in Anexele 2.1., 2.2. și 2.3 din livrabilul D2.1.

Pe baza interviurilor au fost elaborate obiectivele si instrumentele de evaluare pentru focus grupurile organizate cu pacientii si apartinatorii acestora (au participat 11 pacienti si 7 apartinatori). Au fost identificate problemele si situatiile in care acestea apar in cazul utilizarii sistemelor de asistare vocala actuala. Ca o consecinta s-au obtinut rezultate privind: investigarea si evaluare atitudinii utilizatorilor fata de tehnologiile de asistare vocala pe baza de sinteza text vorbire pe dispozitive mobile, identificarea functionalitatilor pentru un astfel de sistem, precum si posibile interfete pentru utilizatori. Detalii privind ghidurile de interviu se află în Anexele 3.1. și 3.2., iar transcripturile focus grupurilor se află în Anexele 4.1., 4.2., 4.3., și 4.4. ale livrabilului D2.1.

In urma evaluarii rezultatelor obtinute in focus grupuri, activitatile de identificare a nevoilor utilizatorilor au fost exinse catre un numar mai mare de pacienti si apartinatori ai acestora (19 persoane), cu scopul de a explora mai in detaliu specificatii pentru noul sistem, posibile impedimente in utilizarea interfetelor pe dispozitive mobile, precum si atitudinea fata de vocea sintetica personalizata in comunicarea sociala. Rezultatele arata disponibilitatea pacientilor pentru o tehnologie pe echipamente mobile, pentru care au fost formulate cerinte de uzabilitate

(secțiunea 3.3 din D2.1). Chestionarele utilizate se află în Anexele 5.1. și 5.2. ale livrabilului D2.1.

În ceea ce privește scenariile de utilizare predefinite, din analiza răspunsurilor raportate de participanți în toate cele trei etape de cercetare rezulta o serie de situații în care comunicarea necesită a fi îmbunătățită prin tehnologii asistive. Aceste cazuri au fost grupate în câteva categorii majore:

- situații în care se solicita ceva punctual unei alte persoane care nu cunoaște situația proprie (cumparaturi, restaurant, comunicare cu un prieten vechi);
- situații în care mainile sunt folosite pentru alte activități, altele decât a susține aparatul (comunicare telefonică, conducere mașină);
- situații în care vocea nu poate fi auzită sau volumul necesită ajustare:

Pentru a cuantifica atitudinile utilizatorilor față de utilizarea tehnologiei de asistare, respectiv măsura în care problemele de identificare ar putea diminua probabilitatea de a utiliza una sau alta dintre interfețe, în chestionarul folosit în ultima etapă s-a solicitat participanților să evalueze gradul în care ar utiliza fiecare dintre interfețe, respectiv măsura în care fiecare dintre aspectele identificate inițial ar constitui probleme în utilizarea interfeței. Cele două interfețe față de care au fost evaluate atitudinile sunt:

- generarea unei voci sintetice pe baza unui text scris de pacienți pe telefon;
- generarea unei voci sintetice pe bază de labiolectură.

Deschiderea pacienților spre utilizarea acestor interfețe ar putea fi afectată de gradul în care aceștia sunt obișnuiți să utilizeze telefonul mobil și diferite funcții ale acestuia. Deși marea majoritate a pacienților folosesc telefonul mobil zilnic (80% din respondenții la chestionar), numărul scade în ceea ce privește trimiterea de mesaje text (doar 50% trimit mesaje zilnic), iar numărul celor care îl folosesc pentru a naviga pe internet este mult mai mic (doar 20% îl folosesc cel puțin ocazional). Aceste procente trebuie interpretate cu grijă dar fiind numărul redus de participanți, dar ele indică tendințe similare cu ceea ce se poate deduce din interviuri și focus grupuri.

Detalii cantitative, grafice și interpretări ale rezultatelor studiului sunt prezentate în secțiunea 3.5 din livrabilul D2.1.

3.3. Cadrul tehnic al bazei de date

Rezultatele raportate în această secțiune corespund Obiectivului 1.c din lista de obiective specifice Etapei 1 de implementare. Activitățile realizate au avut în vedere definirea specificațiilor pentru realizarea înregistrărilor audio-video, setarea tehnică a echipamentelor și evaluarea necesarului de echipamente de achiziționat în etapa următoare, precum și elaborarea acordurilor de consimțământ privind utilizarea datelor din partea persoanelor înregistrate. Detalii sunt prezentate în livrabilul D3.1 „Cadrul tehnic al bazei de date”.

În acest moment, echipamentele pregătite pentru înregistrări sunt:

<i>Audio – hardware</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Placă audio externă MOTU K3 Ultralite, conexiune USB și Firewire, frecvența de eșantionare maximă 192kHz, 2 intrări analogice microfon; • Sistem Dell Vostro, procesor i7, 8GB RAM, 1 TB HDD; • Microfon AKG C214, cardioid, condenser, gamă dinamică 143dB, filtru pop; • Mixer Yamaha MW12c; • Stocare: Network Attached Storage QNAP, 18TB;
<i>Audio – software</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Software VOCALAB 4; • Software Steinberg Sequel 3, • Software pentru adnotare audio: Transcriber, Praat, Audacity.

Video – hardware	<ul style="list-style-type: none"> ● Canon EOS 5D Mark II - u CMOS Full Frame 21 MPx, LCD 3 inch, 3.9 fps, LiveView, filmare Full HD și microfon de tip Rode videomic; ● Cameră video BlackMagic 4K Production Camera - Senzor: 21.12 x 11.88mm (Super 35), rezoluție efectivă 3840 x 2160, range dinamic 12 poziții, montură lentilă: EF / Z; ● Placa de captura BlackMagic Decklink 4K Extreme - Intrare video SDI: 2x 10-bit SD/HD/2K, 2D/3D - 3 Gb/s single link 4:2:2/4:4:4, dual link 4:2:2/4:4:4, ieșire video SDI: 2x 10-bit SD/HD/2K/4K , 2D/3D - 3 Gb/s single link 4:2:2/4:4:4, dual link 4:2:2/4:4:4, Intrare video analog: 1x component YUV - 3 BNCs, S-Video sau Composite pt HD sau SD, ieșire video analog: 1x component YUV - 3 BNCs, S-Video sau Composite pt HD sau SD;
Video – software	<ul style="list-style-type: none"> ● Software de procesare video Adobe Master Collection CS6; ● Adobe Media Server.

De asemenea, s-a definit metodologia pentru realizarea înregistrărilor (locatie, conditii tehnice, parametrii de înregistrare audio-video, anonimizare date cu caracter personal, protocol de înregistrare și evaluare a calitatii înregistrărilor, conform cu secțiunea 2 în D3.1). Baza de date va fi stocată pe facilitățile de stocare de tip NAS (Network Attached Storage) la coordonator, precum și pe serverele de back up disponibile.

Înregistrările vor fi etichetate manual la nivel de propoziție prin transcriere ortografică și segmentare. În funcție de rezultatele obținute cu unelte de aliniere automată, se va decide dacă este nevoie și de o segmentare și adnotare manuală la nivel mai mic, de exemplu cuvânt sau fonem.

3.4. Specificatiile sistemului de sinteza in Cloud

Dezvoltarea sistemului de sinteza in Cloud are in vedere crearea unui ansamblu de servicii web pe o platforma de tip IaaS (Internet as a Service) capabila sa integreze componentele software de analiza a textului si de sinteza de semnal vocal prin intermediul unei interfete HTTP unificate, de tip REST (Representational State Transfer), pentru a fi accesata atat de aplicatii web, cat si de pe dispozitive mobile conectate la Internet. S-a propus o astfel de solutie, deoarece expunerea serviciilor online și în Cloud permite accesul unei game largi de aplicații la sistemul de sinteză, de la aplicații bancare și medicale, la sisteme interactive de răspuns vocal, cititoare de cărți electronice, navigație și altele.

Fata de propunerea de proiect initiala, ca urmare a reducerii resurselor alocate acestor tipuri de proiecte, s-a pastrat spre dezvoltare accesul la serviciile web de pe dispozitive mobile prin intermediul unei aplicatii client si nu ca aplicatie independenta pe mobil. In consecinta, prin compensare, se au in vedere masuri de optimizare computationally necesare realizării unei sinteze de calitate. Sunt specificate optimizări atât ale codului, cât și ale algoritmilor de bază, astfel încât sinteza să poată fi realizată aproape de timpul real.

Rezultatele raportate in aceasta secțiune corespund Obiectivului 1.d din lista de obiective specifice Etapei 1 de implementare, obiective descrise in sub-capitolul 2.1 a acestui raport. „Specificatiile sistemului de sinteza in Cloud” sunt prezentate in detaliu in livrabilul D6.1, astfel ca mai jos este raportata doar o sinteza a acestor specificatii.

Arhitectura sistemului de sinteza text vorbire existent:

Sistemul de sinteza text vorbire primeste la intrare textul de sintetizat si genereaza la iesire fisierul audio corespunzator (vezi Figura x). Textul de intrare este segmentat la nivel de propozitie de catre aplicatia 'WriteXMLFromScript.py', care genereaza un fisier XML pentru fiecare propozitie. Fisierul XML au o structura care sa permita adnotarea automata a textului pe baza analizorului lingvistic. Analizorul lingvistic foloseste o baza de date ce contine date deja adnotate si reguli de adnotare lingvistice, iar prin intermediul aplicatiei 'TP_BASIC_NORM' transform fiecare fisier XML in fisier cu text adnotat automat, fisier care va fi folosit de sistemul de sinteza pentru a genera parametrii acustici ai semnalului vocal pe baza modelelor create in faza de antrenare la nivel de fonem. Parametrii acustici sunt folositi de vocoderul parametric de tip STRAIGHT pentru a genera forma de unda.

Specificatii pentru componenta de sinteza de semnal:

Componenta de sinteza de semnal va prelua fisierul cu textul adnotat si pe baza de arbori de decizie va genera parametrii acustici: *.MCEP (Mel Cepstrum), *.F0 (frecventa fundamentala), *.APF (coeficientii de aperiodicitate din spectrul). Acesti parametri sunt folositi de vocoder pentru a sintetiza semnalul. In livrabilul D6.1 sunt specificate cerintele pentru structurile de date in care vor fi stocati parametrii acustici ai semnalului (cepstrum, frecventa fundamentala, coeficienti de aperiodicitate, durata), arborii de decizie pentru generarea parametrilor acustici din fisierul cu adnotarile lingvistice, modelele Markov pentru modelarea fonemelor.

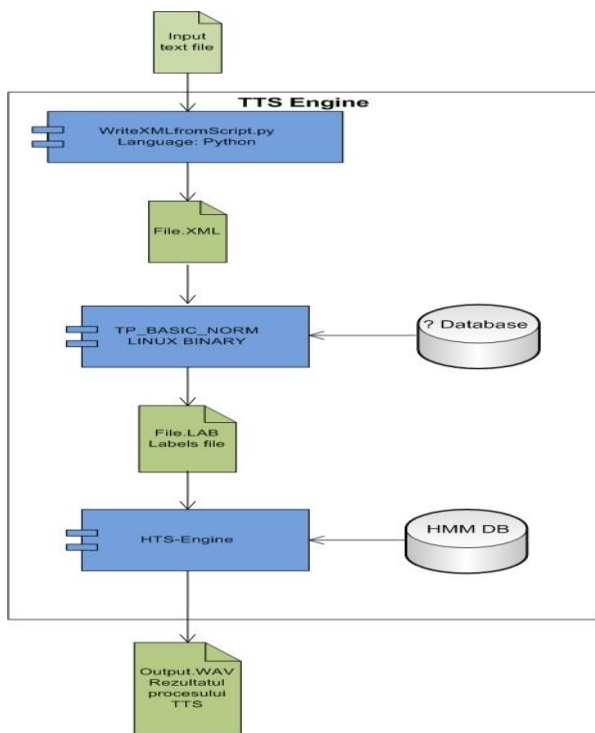


Figura 3.1. Sistemul de sinteza text vorbire

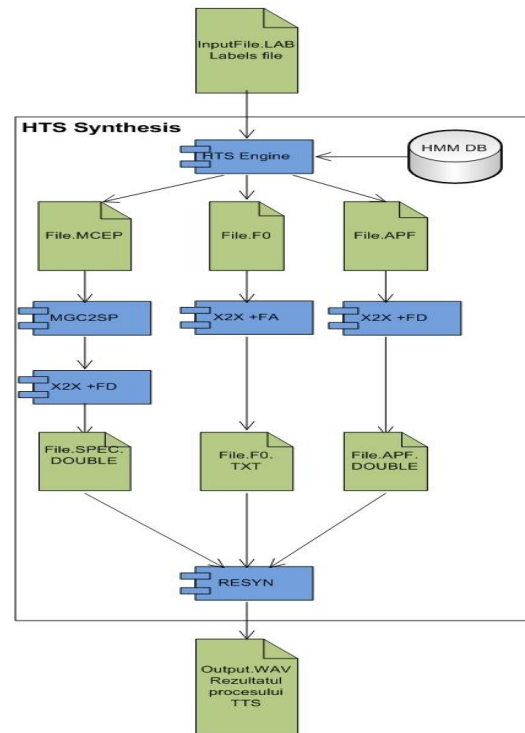


Figura 3.2. Sinteza de semnal

Specificatii pentru optimizarea structurilor de date, a algoritmilor si a codului:

S-a realizat o evaluare analitica atenta a metodelor de prelucrare a datelor atat pentru serviciul web, in ansamblu, precum si pentru componenta de sinteza de semnal si au fost identificate o serie de posibilitati de optimizare care ar putea fi considerate in procesul de implementare a sistemului de sinteza, dupa cum este prezentat mai jos.

Structura datelor din fisierele utilizate pentru stocarea modelelor acustice, a arborilor de decizie, sau a parametrilor acustici, ar putea fi migrata intr-o baza de date optimizata pentru citiri. Nu e clar in acest moment daca aceasta migrare ar putea avea un efect semnificativ asupra timpului de procesare, dar partenerul industrial va avea in vedere o analiza comparata a performantelor in acest scop.

La nivel de algoritmi se va urmari masurarea performantelor cu diferiti parametrii acustici, diferite metode de analiza spectrala, respectiv analiza raportului calitate semnal vs viteza de executie.

Cele mai semnificative posibilitati de optimizare au fost identificate la nivelul codului: eliminarea raportarilor de progres al procesarilor, transformarea scripturilor (eg. Shell / Python) in programe executabile si optimizari la compilare, minimizarea accesului la hard disk, paralelizarea procesarilor folosind procesoare grafice, s.a.

Specificatii pentru interfata utilizator:

Pentru interfata utilizator se propune o aplicatie de tip client-server, care va accesa prin Internet serviciul web de sinteza text vorbire. In livrabilul D6.1 sunt prezentate cerintele pentru aceasta interfata, asa cum a rezultat si pe baza analizei rezultatele din focus grupuri cu utilizatorii (livrabil D2.1): posibilitatea de selectie a contextului utilizatorului (daca nu cumva aceasta poate fi detectata automat – relevant pentru modelul lingvistic pe baza caruia se va face predictia rapida a textului), interfata customizata pentru introducerea rapida a textului si trimiterea catre server in vederea sintezei, functionalitati de redare a semnalului sintetizat, alte setari specifice utilizatorului.

4. Management si comunicare

In etapa de raportare activitatile de management au fost orientate in principal catre initierea cu succes a proiectului, prin definirea cat mai clara a obiectivelor si responsabilitatilor pentru fiecare membru din proiect, precum si activarea unui cadru de cercetare si comunicare eficient. Astfel, au fost desfasurate o serie de activitati de management si s-au obtinut urmatoarele rezultate:

- s-a instalat si configurat o platforma de comunicare si management intern al documentelor accesibila la adresa <http://speech.utcluj.ro/swara-internal> (procedura de activare a structurii continutului intern este in desfasurare);
- s-au elaborat documente template personalizate proiectului pentru: raportarea rezultatelor in cadrul livrabilelor, raportarea de catre parteneri a resurselor financiare consumate (fise de evidenta a cheltuielii, devize, etc);
- s-a realizat o foarte buna comunicare intre parteneri in vederea planificarii pe termen scurt si pe termen lung a activitatilor;
- s-au realizat intalniri ale parteneriatului sau intalniri bilaterale de cooperare in cercetare si rezolvarea unor probleme punctuale, dupa cum este prezentat in tabelul de mai jos:

<i>Data</i>	<i>Obiectiv reuniune</i>
28.07.2014	Reuniune responsabili parteneri pentru discutare continut IPR
29.09.2014	Reuniune „kick-off” cu toti partenerii si membrii in colectivele de cercetare
07.10.2014	Reuniune bilaterala UMF – UBB pentru planificare focus grupuri
15.10.2014	Reuniune bilaterala UTCN – Fortech pentru discutare instalari software
21.10.2014	Demo TTS la Fortech si testare instrumente software
05.11.2014	Intalnire de lucru UBB – UMF: chestionare grup tinta
11.11.2014	Realizare focus grupuri UBB – UMF
25.11.2014	Intalniri UTCN cu partenerii pentru discutare rapoarte tehnice si financiare

5. Diseminarea rezultatelor

Activitatile de diseminare realizate in Etapa 1 sunt specifice fazei de initiere a proiectului si constau in:

- prezentarea proiectului, prin diferite canale media (eMail, reuniuni stiintifice ale Departamentelor, web, etc), catre comunitatea stiintifica din care fac parte grupurile de cercetare, catre mediul economic si catre utilizatorii finali,
- instalarea unei instante web pentru o platforma de management online a continutului digital si prezentare publica a proiectului si a rezultatelor acestuia, precum si indexarea acestuia in motoarele de cautare;

- colectarea si organizarea informatiilor (obiective proiect, activitati, rezultate asteptate, institutiile partenere, profilul cercetatorilor din proiect, sursa de finantare) pentru publicarea lor pe pagina web a proiectului; aceste informatii vor fi continuu actualizate, pe masura ce vor fi obtinute rezultate in proiect.
- realizarea unei prezentari PPT de informare privind obiectivele, activitatile si rezultatele asteptate din proiect (alte materiale promotionale: brosură, poster, etc vor fi dezvoltate in etapa urmatoare, etapa in care sunt alocate resurse financiare in acest scop).

Pana in acest moment nu au fost trimise spre publicare rezultatele obtinute, dar se are in vedere programarea de catre fiecare partener a redactarii de articole stiintifice in concordanta cu planul de diseminare. Activitatile de diseminare pentru etapa de raportare sunt sintetizate astfel:

<i>Activitate:</i>	Poster cu prezentarea proiectului (in limba Engleza)
<i>Data:</i>	15-18.10.2014
<i>Eveniment cadru:</i>	„Salonul Cercetarii Romanesti”, in cadrul TIB Bucuresti, 2014: http://www.research.ro/ro/articol/3563/instrumente-suport-salonul-cercetarii-romane-ti-i-salonul-de-inven-ii-i-inova-ii-inventika
<i>Public tinta:</i>	Participantii la expozitie
<i>Responsabil:</i>	Departament Marketing UTCN

<i>Activitate:</i>	Dezvoltare web site public (http://speech.utcluj.ro/swara) Disponibil in limba romana si in limba engleza.
<i>Data:</i>	01.10.2014
<i>Eveniment cadru:</i>	Lansare cu ocazia inceputului de an universitar.
<i>Public tinta:</i>	Profesori, studenti, publicul larg.
<i>Responsabil:</i>	Adriana Stan, UTCN

<i>Activitate:</i>	Prezentare plenara PPT proiect „Swara”
<i>Data:</i>	26.11.2014
<i>Eveniment cadru:</i>	Conferinta „Cluj IT Days: Innovation, entrepreneurship and technologies”, Cluj Arena, 25-26 Nov 2014, http://www.itdays.ro
<i>Public tinta:</i>	Manageri de companii de IT, dezvoltatori software, investitori, 80 participanti.
<i>Responsabil:</i>	Mircea Giurgiu, UTCN

<i>Activitate:</i>	Dezvoltare platforma de management documente si comunicare, privata pentru consortiu (http://speech.utcluj.ro/swara-internal)
<i>Data:</i>	28.11.2014
<i>Eveniment cadru:</i>	Raportare etapa
<i>Public tinta:</i>	Participantii in proiect
<i>Responsabil:</i>	Adriana Stan, UTCN

6. Concluzii

Activitatile de cercetare desfasurate in prima etapa de implementare a proiectului au condus la obtinerea rezultatelor asteptate si au fost in concordanta cu obiectivele specifice ale etapei. Astfel, rezultatele raportate in acest document si descrise detaliat in cele patru livrabile („Resurse disponibile si specificatiile sistemului de sinteza”, „Raport asupra functionalitatilor sistemului si a scenariilor predefinite”, „Cadrul tehnic al bazei de date”, „Specificatiile sistemului de sinteza in Cloud”) aferente perioadei de raportare, pregatesc cadrul de dezvoltare pentru componentele sistemului de sinteza si integrarea acestora pe mai departe intr-o arhitectura accesibila online.

7. Referinte la livrabile aferente etapei

[1] Livrabil D1.1:	„Resurse disponibile si specificatiile sistemului de sinteza”, Proiect SWARA PN-II-PT-PCCA-2013-4-1660, Decembrie 2014. <i>Nivel diseminare: Confidential</i>
[2] Livrabil D2.1:	„Raport asupra functionalitatilor sistemului si a scenariilor predefinite”, Proiect SWARA PN-II-PT-PCCA-2013-4-1660, Decembrie 2014. <i>Nivel diseminare: Confidential</i>
[3] Livrabil D3.1:	„Cadrul tehnic al bazei de date”, Proiect SWARA PN-II-PT-PCCA-2013-4-1660, Decembrie 2014. <i>Nivel diseminare: Confidential</i>
[4] Livrabil D6.1:	„Specificatiile sistemului de sinteza in Cloud”, Proiect SWARA PN-II-PT-PCCA-2013-4-1660, Decembrie 2014. <i>Nivel diseminare: Confidential</i>