



# سیستم‌های فوق مقیاس وسیع (ULS)

ویژگی‌ها، چالش‌ها و مصادیق

ویراست دوم

مؤلف:

دکتر محمد علی ترکمانی

سرشناسه : محمدعلی ترکمانی

عنوان و پدید آور: سیستم‌های فوق مقیاس وسیع (ULS): ویژگی‌ها، چالش‌ها، مصادیق .

ترکمانی، محمدعلی، مولف، ۱۳۵۴ .

مشخصات نشر: ارسطو . مشهد

تعداد صفحات: ۱۳۶ صفحه

موضوع : رایانه و سنجش، سیستم‌ها و روش‌ها، سنجش داده‌ها، اصول و مبانی

وضعیت فهرست نویسی: فیا

شابک: ۸ - ۶ - ۹۰۷۰۳ - ۹۶۴ - ۹۷۸

رده بندی دیویی: ۱۱۷ ن / ۶۰۰

رده بندی کنگره: ۶۰۷۸۹۱ کتابخانه ملی ایران ۸۰۸

نام کتاب: سیستم‌های فوق مقیاس وسیع (ULS)

مولف : دکتر محمدعلی ترکمانی

ناشر: ارسطو ( با همکاری سامانه اطلاع رسانی چاپ و نشر ایران )

صفحه آرایشی، تنظیم و طرح جلد : محمد علی ترکمانی و علی بیات

تیراژ: ۱۰۰۰ جلد

نوبت چاپ: دوم - ۱۳۹۸

چاپ : مدیران

قیمت: ۳۰۰۰۰ تومان

شابک: ۸ - ۶ - ۹۰۷۰۳ - ۹۶۴ - ۹۷۸

تلفن مرکز پخش: ۰۹۱۵۹۲۲۴۳۲۰ - ۰۹۱۷۷۱۶۴۹۴۰

این اثر مشمول قانون حمایت از مولفان و مصنفان و هنرمندان است. هر کس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه مولف نشر یا پخش یا عرضه کند، مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

# فهرست مطالب

مقدمه مولف: ز

## فصل اول: معرفی سامانه‌های فوق مقیاس وسیع ..... ۹

- ۱-۱- پیدایش سامانه‌های فوق مقیاس وسیع ..... ۹
- ۱-۲- مشکلات بزرگ شدن مقیاس ..... ۱۰
- ۱-۳- مقایسه سامانه‌های ULS و سامانه‌های امروزی ..... ۱۴
- ۱-۴- شهرها در مقایسه با ساختمان‌ها ..... ۱۴
- ۱-۵- از سیستم تا اکوسیستم (از سامانه‌ها تا زیست‌سامانه‌ها) ..... ۱۶
- ۱-۶- فراتر از اینترنت ..... ۱۷
- ۱-۷- ویژگی‌های سامانه‌های ULS ..... ۱۸
- ۱-۷-۱- کنترل نامتمرکز ..... ۱۸
- ۱-۷-۲- نیازمندی‌های ذاتاً متضاد و ناشناخته ..... ۱۹
- ۱-۷-۳- تکامل و استقرار مداوم ..... ۱۹
- ۱-۷-۴- عناصر ناهمگن، ناسازگار و در حال تغییر ..... ۱۹
- ۱-۷-۵- از بین رفتن تدریجی مرز بین افراد و سامانه ..... ۱۹
- ۱-۷-۶- خرابی‌های طبیعی ..... ۲۰
- ۱-۷-۷- پارادیم‌های جدید برای استفاده و سیاست‌گذاری ..... ۲۱
- ۱-۸- چالش‌های توسعه سامانه‌های ULS ..... ۲۱
- ۱-۸-۱- چالش‌های حوزه طراحی و تکامل ..... ۲۲
- ۱-۸-۲- چالش‌های حوزه هم‌نوسازی و کنترل ..... ۲۴
- ۱-۸-۳- چالش‌های حوزه نظارت و ارزیابی ..... ۲۶
- ۱-۹- نواحی تحقیقاتی سامانه‌های فوق کلان مقیاس ..... ۲۶
- ۱-۱۰- ارتباط بین چالش‌ها و نواحی تحقیقاتی ULS ..... ۲۸
- ۱-۱۱- سئوالات ..... ۲۸

## فصل دوم: مصادیقی از سیستم‌های مقیاس فوق وسیع ۲۹

- ۲-۱- ارزیابی جنبه‌های زیرساختی و خدماتی سیستم‌های گوگل با رویکرد یک سیستم با مقیاس فوق وسیع ..... ۲۹
- ۲-۱-۱- معرفی گوگل ..... ۲۹
- ۲-۱-۲- آیا گوگل یک سیستمی از سیستم‌ها می‌باشد؟ ..... ۳۰
- ۲-۱-۳- نتیجه گیری ..... ۳۷
- ۲-۳- بررسی حمل و نقل هوشمند به عنوان یک ULS ..... ۳۷
- ۲-۳-۱- چرا حمل و نقل هوشمند؟ ..... ۳۷
- ۲-۳-۲- انگیزش برای حمل و نقل هوشمند ..... ۳۸
- ۲-۳-۳- سیستم‌های حمل و نقل هوشمند (ITS) ..... ۳۹
- ۲-۳-۴- ویژگی‌های سیستم‌های ULS در حمل و نقل هوشمند ..... ۴۳
- ۲-۳-۵- چالش‌های سیستم‌های ULS در حمل و نقل هوشمند ..... ۴۵
- ۲-۴- بررسی اینترنت به عنوان ULS ..... ۴۶
- ۲-۴-۱- ویژگی‌های اینترنت به عنوان ULS ..... ۴۶
- ۲-۴-۲- اینترنت و یک بستر اطلاعاتی ..... ۴۹
- ۲-۷- بررسی گمرک به عنوان سیستم فوق مقیاس وسیع ..... ۵۳
- ۲-۷-۱- ویژگی‌های گمرک به عنوان سیستم ULS ..... ۵۳
- ۲-۷-۲- چالش‌های ULS در گمرک ..... ۵۵
- ۲-۷-۳- نتیجه گیری ..... ۵۶
- ۲-۸- آیا GIG یک سامانه فوق وسیع مقیاس است؟ ..... ۵۶
- ۲-۸-۱- ارتش آمریکا ..... ۵۷
- ۲-۸-۲- DISA ..... ۵۷

- ۵۸ .....GIG -۲-۸-۳
- ۶۰ .....۲-۸-۴-ویژگی‌های GIG به عنوان سامانه ULS
- ۶۶ .....۲-۸-۵-نتیجه گیری
- ۶۶ .....۲-۹-نظام بانکداری الکترونیک به عنوان ULS
- ۶۶ .....۲-۹-۱-تعریف بانکداری الکترونیکی
- ۶۶ .....۲-۹-۲-ویژگی‌های ULS و مصادیق آن در بانکداری الکترونیکی
- ۶۹ .....۲-۹-۳-چالش‌ها
- ۷۰ .....۲-۹-۴-نظام بانکداری الکترونیکی نمودی از SOS
- ۷۰ .....۲-۱۰-بررسی رسانه به عنوان سیستمی مقیاس وسیع
- ۷۱ .....۲-۱۰-۱-رسانه چیست؟
- ۷۲ .....۲-۱۰-۲-رسانه‌های سنتی و رسانه‌های جدید
- ۷۴ .....۲-۱۰-۲-آیا می‌توان رسانه را یک سیستم ULS دانست؟
- ۷۸ .....۲-۱۶-بررسی سیستم انسان به عنوان ULS
- ۷۸ .....۲-۱۶-۱-سیستم انسان
- ۸۰ .....۲-۱۶-۲-معماری بدن انسان
- ۸۲ .....۲-۱۶-۳-بررسی ویژگی‌های ULS در انسان
- ۸۶ .....۲-۱۶-۴-چالش‌های ULS
- ۸۷ .....۲-۱۸-بررسی شبکه‌های فنی اجتماعی به عنوان سیستم فوق مقیاس وسیع
- ۸۷ .....۲-۱۸-۱-تعریف شبکه‌های اجتماعی
- ۸۸ .....۲-۱۸-۲-ویژگی‌های ULS و مصادیق آنها در شبکه‌های اجتماعی
- ۹۵ .....۲-۱۸-۳-چالش‌های ULS و مصادیق آنها در شبکه‌های اجتماعی
- ۱۰۳ .....۲-۲۰-بررسی سامانه اکتشافات فضایی به عنوان ULS

- ۱۰۳-۲-۲۰-۱-۲ اکتشافات فضایی ..... ۱۰۳
- ۱۰۵-۲-۲۰-۲-۲ سیستم‌های اکتشافات فضایی ..... ۱۰۵
- ۱۰۹-۲-۲۰-۳-۲ جنبه های فنی - اجتماعی سیستم‌های اکتشافات فضایی ..... ۱۰۹
- ۱۱۱-۲-۲۰-۴-۲ بررسی ویژگی‌های سیستم‌های ULS ..... ۱۱۱
- ۱۲۰-۲-۲۰-۵-۲ چالش‌ها ..... ۱۲۰
- ۱۲۱-۲-۲۰-۶-۲ آینده سیستم‌های اکتشافات فضایی ..... ۱۲۱
- ۱۲۳-۲-۲۰-۷-۲ جمع بندی ..... ۱۲۳
- ۱۲۴-۲-۲۱-۲-۲ بررسی سیستم جستجو و نجات به عنوان ULS ..... ۱۲۴
- ۱۲۴-۲-۲۱-۱-۲-۲ تعریف جستجو و نجات ..... ۱۲۴
- ۱۲۴-۲-۲۱-۲-۲ انواع جستجو و نجات ..... ۱۲۴
- ۱۲۴-۲-۲۱-۲-۲ نمونه‌ای از یک سیستم جستجو و نجات ..... ۱۲۴
- ۱۲۷-۲-۲۱-۳-۲ بررسی ویژگی‌های سیستم‌های فوق مقیاس وسیع در SAR ..... ۱۲۷
- ۱۳۰-۲-۲۱-۴-۲ چالش‌های توسعه سامانه‌های فوق مقیاس وسیع ..... ۱۳۰
- ۱۳۱-۲-۲۲-۲-۲ ویژگی‌های دولت الکترونیک به عنوان ULS ..... ۱۳۱
- ۱۳۱-۲-۲۲-۱-۲-۲ تعریف دولت الکترونیکی ..... ۱۳۱
- ۱۳۱-۲-۲۲-۲-۲ مزایای دولت الکترونیکی ..... ۱۳۱
- ۱۳۲-۲-۲۲-۳-۲ اهداف دولت الکترونیکی ..... ۱۳۲
- ۱۳۲-۲-۲۲-۴-۲ بخش‌های دولت الکترونیکی ..... ۱۳۲
- ۱۳۴-۲-۲۲-۵-۲ ویژگی‌های ULS و مصادیق آنها در دولت الکترونیکی ..... ۱۳۴
- ۱۳۵-۲-۲۲-۶-۲ چالش‌های دولت الکترونیکی به عنوان یک سیستم ULS ..... ۱۳۵
- ۱۳۶-۲-۲۳-۲-۲ سئوالات ..... ۱۳۶
- ۱۳۷-منابع: ..... ۱۳۷

## مقدمه مولف:

یک سامانه فوق مقیاس وسیع (ULS)، سیستم پیچیده‌ای است شامل هزاران سکو، حسگر، گره‌های تصمیم‌گیری که از طریق شبکه‌های سیمی و بدون سیم ناهمگن به یکدیگر متصل شده‌اند. خصوصیتی که این سامانه‌ها دارند باعث شده است که قابلیت رویکردهای فعلی مهندسی نرم‌افزار را در ساخت سامانه‌های آینده که شامل بیلیون‌ها خط کد برنامه است، زیر سؤال برود. به همین علت موسسه مهندسی نرم‌افزار (SEI) با حمایت مالی وزارت دفاع آمریکا (DOD) یک پروژه تحقیقاتی ۱۲ ماهه بر روی سامانه‌های فوق مقیاس وسیع (ULS) انجام داد. نتیجه این تحقیق، گزارشی شد که به چالش‌های فراروی توسعه سامانه‌های ULS و زمینه‌های تحقیقاتی مرتبط با آن می‌پردازد.

همانند اینترنت که با اهداف نظامی و دفاعی آغاز شد، بحث سامانه‌های ULS نیز چنین آغازی داشت اما امروزه تمامی ابعاد زندگی انسان از گمرک و تجارت الکترونیک گرفته تا ویکی‌پدیا و شبکه‌های فنی اجتماعی و سایر زیرساخت‌های یک کشور را تحت تأثیر قرار داده است. در این کتاب ضمن معرفی ویژگی‌ها، چالش‌ها و حوزه‌های تحقیقاتی سیستم‌های فوق مقیاس وسیع، مصادیقی از این سیستم‌ها ارائه می‌شود. امید است این اثر مورد توجه همکاران و دانشجویان گرامی قرار گیرد. از اساتید و دانشجویان گرامی تقاضا دارم نقطه نظرات خود را از طریق ایمیل [m.a.torkamani@gmail.com](mailto:m.a.torkamani@gmail.com) با مولف در میان بگذارند تا انشالله در ویرایش‌های بعدی اشکالات یا کاستی‌های احتمالی کتاب مورد تجدید نظر قرار گیرد. در پایان وظیفه خود می‌دانم از زحمات جناب آقای مهندس علی بیات به خاطر طراحی جلد کتاب و همچنین مدیریت انتشارات ارسطو و سامانه اطلاع رسانی چاپ و نشر ایران، جناب آقای حسین قنبری تشکر و قدردانی نمایم.

محمد علی ترکمانی

پاییز ۱۳۹۳



# فصل اول

## معرفی سامانه‌های فوق مقیاس وسیع

### ۱-۱- پیدایش سامانه‌های فوق مقیاس وسیع

یک سامانه اطلاعاتی<sup>۱</sup> مجموعه‌ای است از انسانها، داده‌ها، فرایندها، نمایش اطلاعات و فناوری اطلاعات که به منظور پشتیبانی و بهبود عملیات روزمره در یک کسب‌وکار<sup>۲</sup>، همچنین نیازهای کاربران و مدیران به حل مسئله و تصمیم‌گیری، با هم تعامل دارند. یکی از اهداف وزارت دفاع آمریکا (DOD) دستیابی به یک سلطه یا برتری اطلاعاتی است تا به کمک آن بهره‌برداری و استفاده از جمع‌آوری، ترکیب، تحلیل و به کارگیری اطلاعات را در راستای اهداف ماموریتی خود محقق سازد.

این هدف به شدت وابسته به سامانه‌های پیچیده است که شامل هزاران سکو، حسگر، گره‌های تصمیم‌گیری و جنگ‌افزایی است که از طریق شبکه‌های سیمی و بدون سیم ناهمگن به یکدیگر متصل شده‌اند. چنین سامانه‌هایی (که خود مجموعه‌ای از سیستم‌ها هستند (SOS))<sup>۳</sup>، سامانه‌های فوق مقیاس وسیع (ULS) نامیده می‌شوند. یک سامانه فوق مقیاس وسیع (ULS)، سیستم پیچیده‌ای است شامل هزاران سکو، حسگر، گره‌های تصمیم‌گیری که از طریق شبکه‌های سیمی و بدون سیم ناهمگن به یکدیگر متصل شده‌اند.

اندازه سامانه‌های فوق وسیع از هر نظر بسیار فراتر از مقیاس سامانه‌های امروزی است. از نظر:

- تعداد خطوط برنامه
- حجم داده‌های ذخیره شده، دستیابی شده و پالایش شده

---

1 Information System

2 Business

3 System of Systems

- تعداد اتصالات و وابستگی‌های درونی
  - تعداد مولفه‌های سخت‌افزاری
  - تعداد مولفه‌های سخت‌محاسباتی
  - تعداد سیستمها و توقع کاربران از اهداف سیستمها
  - تعداد فرایندها، تعاملات و رفتارهای غیر قابل پیش‌بینی
  - تعداد دامنه‌های سیاست‌گذاری و مکانیزمهای اجباری
  - تعداد افراد درگیر با سیستمها به طرق مختلف
- وزارت دفاع به طور مشخص این سؤال را مطرح کرده بود: «قابلیت رویکردهای فعلی مهندسی نرم‌افزار را در ساخت سامانه‌های آینده که شامل بلیون‌ها خط کد برنامه است، چگونه ارزیابی می‌کنید؟»
- بنابراین وزارت دفاع آمریکا یک پروژه تحقیقاتی را برای موسسه مهندسی نرم‌افزار (SEI) تعریف کرد که منجر به یک تحقیق ۱۲ ماهه بر روی سامانه‌های فوق وسیع (ULS) شد. پاسخ به این سؤال گزارشی شد که به چالش‌های فراروی توسعه سامانه‌های ULS و زمینه‌های تحقیقاتی مرتبط با آن می‌پردازد (مرجع [1]) مباحث این کتاب عبارتند از:
- ویژگی‌ها
  - چالش‌ها
  - حوزه‌های تحقیقاتی

## ۲-۱- مشکلات بزرگ شدن مقیاس

- مشکلات بزرگ شدن مقیاس عبارتند از:
- افزایش اندازه کد برنامه باعث افزایش مقیاس در بسیاری از زمینه‌های دیگر خواهد شد.
  - افزایش مقیاس چالش‌های فراوانی را ایجاد خواهد کرد که بر روی بسیاری از مباحث مهندسی نرم‌افزار تأثیرات شگرفی خواهد گذاشت.
  - در واقع زیاد شدن تعداد مولفه‌های نرم‌افزاری (اعم از سرویس، مولفه، اشیاء و...) باعث می‌شود که در توسعه نرم‌افزار مشکلاتی ایجاد شود و نیاز به روش‌های جدید بیشتر احساس شود.

• مقیاس همه چیز را عوض می‌کند.

در ادامه برای اینکه متوجه شوید تغییر مقیاس و بزرگ شدن سیستم‌ها چگونه می‌تواند مسائل را پیچیده‌تر و روش‌های فعلی را غیر قابل استفاده نماید به شکل‌های ۱-۱ تا ۵-۱ توجه فرمایید. در این شکل‌ها یک اتومبیل درون رودخانه افتاده است. برای بیرون آوردن آن از یک جرثقیل استفاده شده است، اما این جرثقیل توانایی بیرون کشیدن ماشین را نداشته است و خودش نیز در رودخانه افتاده است. بنابراین از جرثقیل دیگری برای بیرون آوردن اتومبیل استفاده شده است که موفق شده اتومبیل کوچک را از آب خارج کند. سپس از همان جرثقیل برای بیرون آوردن جرثقیل اول استفاده شده است اما به دلیل اینکه جرثقیل اول خیلی بزرگتر از اتومبیل بوده است، جرثقیل دوم توانایی بیرون کشیدن جرثقیل اول را نداشته و خودش نیز به درون رودخانه سقوط کرده است.



شکل ۱-۱: مقیاس همه چیز را عوض می‌کند



شکل ۱-۲: مقیاس همه چیز را عوض می‌کند (ادامه)



شکل ۱-۳: مقیاس همه چیز را عوض می‌کند (ادامه)



شکل ۱-۴: مقیاس همه چیز را عوض می‌کند (ادامه)



شکل ۱-۵: مقیاس همه چیز را عوض می‌کند (ادامه)

**تغییر مقیاس و افزایش پیچیدگی در سیستم‌های فوق وسیع سبب غیر قابل استفاده بودن روشهای مهندسی نرم افزار شده است.**

### ۳-۱- مقایسه سامانه‌های ULS و سامانه‌های امروزی

سامانه‌های فوق مقیاس وسیع از نظر اندازه فراتر از سامانه‌های امروزی هستند: از نظر تعداد خطوط برنامه؛ افراد درگیر در سامانه؛ داده‌های ذخیره شده، بازیابی شده، دستکاری شده و پالایش شده؛ میزان اتصالات و وابستگی بین واحدی مولفه‌های نرم‌افزاری؛ عناصر سخت‌افزاری و....

- این سامانه‌ها، لزوماً به شکل نامتمرکز هستند.
- توسط تعداد زیادی از ذی‌نفعان با نیازهای متضاد، توسعه و به کار گرفته می‌شوند
- به طور مستمر تکامل پیدا می‌کنند.
- از قطعات ناهمگن تشکیل می‌شوند.
- افراد تنها کاربران سامانه نیستند، بلکه بخشی از سامانه محسوب می‌شوند
- خرابی‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری یک امر کاملاً عادی محسوب می‌شوند و نمی‌توان آن‌ها را یک استثناء در نظر گرفت.

سامانه‌های فوق مقیاس وسیع در مقایسه با سامانه‌های امروزی همچون شهرها در مقایسه با ساختمان‌ها هستند. آن‌ها به نوعی یک زیست‌سامانه محسوب می‌شوند. مقیاس آن‌ها مرزهایی فراتر از اینترنت را در برمی‌گیرد.

### ۴-۱- شهرها در مقایسه با ساختمان‌ها

یکی از روش‌های درک تفاوت مقیاس بین سامانه‌های سنتی و سامانه‌های فوق وسیع، مقایسه ساختمان‌ها با شهرها است. در مقام مقایسه می‌توان طراحی و ساخت سیستم‌های بزرگ امروزی را همانند ساخت یک ساختمان بزرگ یا یک سیستم زیرساختی (مثل سیستم توزیع آب یا برق) دانست. در مقابل، سامانه‌های فوق مقیاس وسیع دارای درجه پیچیدگی شبیه شهرها هستند. در ابتدا به نظر می‌رسد طراحی و ساخت یک شهر به سادگی طراحی و ساخت تعداد زیادی ساختمان است. اما این گونه نیست:

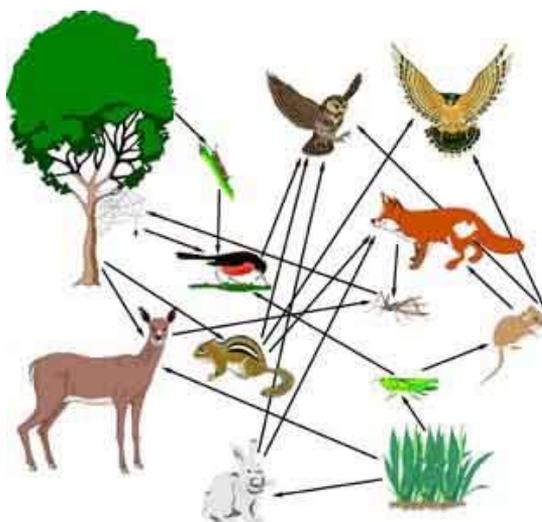
- شهرها توسط یک سازمان ساخته نمی‌شوند، بلکه، توسط اقدامات و کنش‌های بسیاری از سازمان‌های منفرد ایجاد می‌شوند که به شکل محلی و در طول زمان کار می‌کنند.

- یک شهر توسط نیازمندی‌های از قبل شناخته شده شکل نمی‌گیرد؛ بلکه، آنچه یک شهر را شکل می‌دهد، اقدامات متعادل و هماهنگ تعداد زیادی سازمان در طول زمان است.
  - شهرها توسط یک سازمان ساخته نمی‌شوند، بلکه، توسط اقدامات و کنش‌های بسیاری از سازمان‌های منفرد ایجاد می‌شوند که به شکل محلی و در طول زمان کار می‌کنند. دو عامل اصلی که موفقیت یک شهر را در پی دارند، عبارتند از:
  - زیرساخت‌های گسترده‌ای که کل شهر را پوشش می‌دهند و مربوط به یک ساختمان منفرد نیستند.
  - ساز و کارهایی که اقدامات محلی را به شکل یک همکاری کلان بدون کنترل مرکزی شکل می‌دهند. این ساز و کارها شامل سیاست‌ها و تشکیلات دولتی، برنامه‌ریزی شهری، سامانه‌های ترابری، خدمات ارتباطی و اورژانسی، توزیع غذا و کالاهای مصرفی و غیره می‌شوند.
- غیرممکن است که یک شهر تنها در یک مرحله طراحی و ساخته شود. افراد، شرکت‌ها، انجمن‌ها و سازمان‌ها بخشی از شهر را برای اهداف و مقاصد خودشان می‌سازند. شهرها به تدریج رشد می‌کنند و رونق آنها بر اساس نیازمندی‌های فرهنگی و اقتصادی شکل می‌گیرد. سامانه‌های فوق مقیاس وسیع همانند شهرها هستند. نمی‌توان به سادگی آنها را تنها سامانه‌های بزرگتر فرض کرد. سامانه‌های فوق مقیاس وسیع شبکه وابسته‌ای از سامانه‌های نرم‌افزاری، افراد، سیاست‌ها، فرهنگ‌ها و اقتصادها هستند.

در سیستم‌های فوق مقیاس وسیع نیاز به تفکر در مورد  
شهرسازی داریم و نه ساختمان سازی.

## ۵-۱- از سیستم تا اکوسیستم (از سامانه‌ها تا زیست‌سامانه‌ها)

یکی دیگر از روش‌های درک نیاز به یک زاویه دید جدید در سامانه‌های ULS، توجه به مفهوم زیست‌سامانه<sup>۱</sup> و به طور خاص زیست‌سامانه‌های فنی-اجتماعی است. در زیست‌شناسی، اصطلاح اکوسیستم به اجتماعی از گیاهان، حیوانات و ریزجانداران اطلاق می‌شود که توسط انرژی و جریان‌های غذایی به هم متصل شده‌اند و با یکدیگر و محیط فیزیکی پیرامون خود تعامل دارند. شکل ۱-۶ نمونه‌ای از یک زیست‌سامانه را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۶: زیست‌سامانه

همانند یک زیست‌سامانه بیولوژیکی، سامانه‌های فوق وسیع از اجتماعی از ارگانیزم‌های مستقل و رقیب (افراد، وسایل محاسباتی و سازمان‌ها) در یک محیط پیچیده و متغیر تشکیل شده‌اند. اصطلاح فنی-اجتماعی نیز به مجموعه‌ای از افراد و فناوری‌ها اشاره می‌کند که با یکدیگر و به شکل پیچیده‌ای در تعامل هستند. زیست‌سامانه فنی-اجتماعی زیست‌سامانه‌ای است که عناصر آن گروهی از مردم به همراه محیط‌های محاسباتی و فیزیکی است.

1 ecosystems

2 Socio-technical

سامانه‌های ULS یک زیست‌سامانه فنی-اجتماعی محسوب می‌شوند. مفهوم زیست سامانه دلالت بر پیچیدگی، کنترل نامتمرکز، تاثیرات غیرقابل پیش‌بینی، نظارت و ارزیابی دشوار دارد. علاوه بر آن، به رقابت، استحکام، قابلیت دگرزیستی، انطباق‌پذیری، پایداری و سلامت نیز اشاره می‌کند. توسعه و استفاده از سامانه‌های فوق مقیاس وسیع شامل افراد، سازمان‌ها و فناوری‌ها در همه سطوح است. برخلاف زیست‌سامانه‌های بیولوژیکی که درگیر جریان‌های غذایی و انرژی هستند، زیست‌سامانه‌های فوق کلان مقیاس درگیر تبادلات اقتصادی، امنیتی و سایر شکل‌های پراهمیت ارتباطی هستند. با این حال، بررسی زیست‌سامانه‌ها، ما را در فهم ویژگی‌های یک سامانه فوق کلان مقیاس یاری می‌دهند.

## ۶-۱- فراتر از اینترنت

وب، تصویری را از آن چه یک سامانه فوق کلان مقیاس به آن اشاره دارد، در ذهن ایجاد می‌کند:

- مقیاس وب از هر سامانه‌ای از سامانه‌های امروزی بزرگتر است.
  - توسعه و کنترل آن نامتمرکز است.
  - دینفعان آن نیازمندی‌های متنوع، متضاد، پیچیده و متغیر دارند.
  - سرویس‌هایی که وب فراهم می‌کند دستخوش تغییرات مستمر می‌شوند.
  - اقدامات افرادی که از خدمات وب استفاده می‌کنند، متأثر از سرویس‌هایی است که وب فراهم می‌کند و بالعکس.
  - موفقیت و حضور دائمی وب همان چیزی است که سامانه‌های ULS باید داشته باشند.
- با این حال سامانه‌های فوق مقیاس وسیع فراتر از آن چیزی هستند که درباره وب می‌دانستیم. به عنوان مثال وب آن چیزی نیست که DOD به آن نیاز دارد:
- در طراحی اصلی آن به امنیت توجهی نشده است.
  - استفاده از آن در مواردی که در طراحی اصلی (اولیه) آن در نظر گرفته نشده است، به عنوان مثال تجارت الکترونیک، با مشکلات زیادی همراه است.
  - پهنای باند در دسترس برای وب بسیار بیشتر از آن چیزی است که باید برای سیستم‌های ULS وزارت دفاع آمریکا در دسترس باشد.

- اگرچه وب یک عنصر خیلی مهم در زندگی مردم است اما میزان بحرانی بودن آن مانند سیستم‌های وزارت دفاع آمریکا نیست.

## ۷-۱- ویژگی‌های سامانه‌های ULS

اندازه باعث می‌شود بسیاری از مواردی که در سامانه‌های معمولی غیر مهم یا کم اهمیت بودند، تبدیل به موارد با اهمیت شوند. مشکلات ناشی از مقیاس، نیازمند روش‌های حل جدید و تعریف مفاهیم نو برای طراحی، توسعه، کارکرد، و تکامل سامانه‌های ULS است. می‌توان ۷ ویژگی را برای سامانه‌های با مقیاس فوق وسیع در نظر گرفت:

- کنترل نامتمرکز
  - نیازمندی‌های ذاتاً متضاد و ناشناخته
  - تکامل و استقرار مداوم
  - عناصر ناهمگن، ناسازگار و در حال تغییر
  - از بین رفتن تدریجی مرز بین افراد و سامانه
  - خرابی‌های طبیعی
  - پارادیم‌های جدید برای استفاده و سیاست‌گذاری
- در ادامه هر یک از این ویژگی‌ها شرح داده می‌شوند.

### ۱-۷-۱- کنترل نامتمرکز<sup>۱</sup>

سامانه‌های امروزی بر اساس این ایده شکل می‌گیرند که همه تضادها باید شناسایی و رفع شده باشند. انتظار داریم یک فرایند تحلیل و رفع تضاد و نیز یک سازمان تصمیم‌گیری در مورد آن وجود داشته باشد. این در حالی است که مقیاس سامانه‌های ULS رفع همه تضادها و رفع آنها به شکل متمرکز را برای ما غیر ممکن می‌سازد. در اکوسیستم، هیچ مجوز مرکزی برای حل تضاد وجود ندارد. برای انجام این کار باید از مکانیزم‌های غیر مرکزی استفاده کرد. در واقع این مکانیزم‌ها به صورت محلی عمل می‌کنند. همچنین، یک نوع تضاد ممکن است در جاهای مختلف یک سامانه ظاهر شود و مکانیزم رفع آنها نیز متفاوت باشد.

1 Decentralized Control

## ۲-۷-۱- نیازمندی‌های ذاتاً متضاد و ناشناخته<sup>۱</sup>

در سامانه‌های ULS برخی از نیازمندی‌ها تا قبل از عملیاتی شدن قابل شناسایی نیستند. به عبارت دیگر بسیاری از سامانه‌ها تنها با شناسایی و برآورده شدن نیازمندی‌های کلیدی ساخته می‌شوند. برخی از نیازمندی‌ها متضاد هستند. زیرا تعداد ذینفعان بسیار زیاد است و نیاز به مصالحه‌های متفاوتی وجود دارد که در طول زمان نیز تغییر می‌کنند.

## ۳-۷-۱- تکامل و استقرار مداوم<sup>۲</sup>

بنابراین سامانه‌های ULS به طور مداوم تکامل پیدا می‌کنند تا نیازمندی‌های جدید و گاهی متضاد را برآورده کنند. سامانه‌های ULS همچنان که به کار خود ادامه می‌دهند باید اصلاح، بهینه و بازسازی شوند.

## ۴-۷-۱- عناصر ناهمگن، ناسازگار و در حال تغییر<sup>۳</sup>

عناصر سامانه‌های ULS همچون سخت‌افزار، نرم‌افزار، روال‌ها، قواعد، افراد، ناهمگن، ناسازگار و در حال تغییر هستند. عناصر نرم‌افزاری به دلیل گوناگون بودن منابع آنها ناهمگن هستند (زبان‌های برنامه‌سازی متفاوت، سکوها، مختلف، متدولوژی‌های متفاوت و...). از آنجا که ایجاد نرم‌افزارها نیز در شرایط (مکان‌ها، زمانبندی‌ها، فرایندها، اهداف، ذینفعان و...) متفاوت انجام شده است، احتمالاً در طراحی، ساخت و بهره‌برداری با یکدیگر ناسازگارند. در طراحی سامانه‌های فوق وسیع باید به این ناهمگونی‌ها که معمولاً در ساخت سامانه‌های امروزی در نظر گرفته نمی‌شوند، توجه داشت.

## ۵-۷-۱- از بین رفتن تدریجی مرز بین افراد و سامانه<sup>۴</sup>

افراد نه تنها کاربران یک سامانه ULS هستند، بلکه بخشی از رفتار کلی آن نیز محسوب می‌شوند. در واقع، مرز بین سامانه و نقش‌های کاربر/ توسعه دهنده به روشنی مشخص نیست.

1 Inherently Conflicting Unknowable, and Diverse Requirements

2 Continuous Evolution and Deployment

3 Heterogeneous, Inconsistent, and Changing Elements

4 Erosion of the People/System Boundary

یک شهر را در نظر بگیرید. افرادی که در این شهر ساکن هستند، ممکن است تغییر و نگهداری آن را نیز به عهده داشته باشند. در واقع یک شخص نقش‌های متفاوتی دارد. در یک سامانه ULS نیز چنین وضعیتی رخ می‌دهد.

از میان مفروضاتی که امروزه در صنعت توسعه نرم‌افزار وجود دارند و توسط این ویژگی زیر سؤال می‌روند، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- افراد تنها کاربر سامانه هستند: در سامانه‌های ULS باید رفتار انسانی در تحلیل کلی وظایف سامانه در نظر گرفته شود.
- رفتار جمعی افراد مورد توجه نیست: به دلیل مقیاس بسیار بالای سامانه‌های ULS، رفتار جمعی گروه کاربران و توسعه‌دهندگان یک عامل بسیار مهم در چگونگی نگرش، پذیرش و استفاده از سامانه محسوب می‌شود.
- تعاملات اجتماعی یک موضوع مرتبط نیستند:

○ امروزه، تاکید طراحی سامانه‌های اطلاعاتی تنها بر روی فناوری است (چگونه

سامانه‌ها را به اندازه کافی سریع، مطمئن و وظیفه‌مند کنیم).

○ معمولاً یک دیدگاه اجماعی - فنی<sup>۱</sup> وجود ندارد.

○ در سامانه‌های ULS، چگونگی استفاده گروه کاربران از فناوری و نیز چگونگی

پشتیبانی فناوری از نیازهای گروه کاربران اهمیت دارد.

در نظر نگرفتن این موارد یک خطای بزرگ محسوب می‌شود.

## ۶-۷-۱- خرابی‌های طبیعی<sup>۲</sup>

از آنجا که زیر بنای فیزیکی یک سامانه ULS بسیار وسیع است، خرابی سخت‌افزار دیگر یک امر غیر عادی نیست بلکه به طور طبیعی اتفاق می‌افتد. همچنین، از آنجا که مولفه‌های نرم‌افزاری فراتر از ظرفیتی که طراحی شده‌اند تحت فشار قرار می‌گیرند، رفتار آنها نیز ممکن است نامطلوب باشد. از میان مفروضاتی که امروزه در صنعت توسعه نرم‌افزار وجود دارند و توسط این ویژگی زیر سؤال می‌روند، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

1 Socio-technical

2 Normal Failures