

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



توسعه و راه‌اندازی فناوری دامپ تراک‌های بدون راننده (خودران) در معدن مس سرچشمه

ایمان ایزدی

دانشیار دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

دانشگاه صنعتی اصفهان

سید هادی حسینی

دانشیار دانشکده مهندسی معدن

دانشگاه صنعتی اصفهان



مقدمه

توانمندی‌های دانشگاه صنعتی اصفهان جهت اجرای پروژه



- دومین دانشگاه برتر کشور در مهندسی معدن (به استناد رتبه بندی بین المللی شانگهای ۲۰۲۲)
- دارای توپوگرافی متنوع و مناسب جهت شبیه‌سازی عملیات معدن و انجام تست‌های میدانی
- شریک پژوهشی وزارت دفاع، نیروی دریایی و هوایی ارتش جمهوری اسلامی ایران و سپاه پاسداران در حوزه‌های مهندسی رادار، زیردریا، اویونیک و هواپیمای مسافربری ملی
- چهارمین دانشگاه برتر در حوزه ارتباط با صنعت کشور
- طراحی، ساخت و مالک ابررایانه ملی شیخ بهایی
- دارای زیرساخت‌های قوی امنیت شبکه و سرورهای پیشرفته

راه اندازی مرکز پژوهشی معدنکاری نسل چهار در دانشگاه صنعتی اصفهان



- ❖ ۷۲۰ مترمربع فضای اداری و کارگاهی
- ❖ ۷۰۰۰ متر مربع معدن مقیاس شده (مقیاس ۱ به ۴)
- ❖ ۵ عضو هیأت علمی تمام وقت و ۵ عضو هیأت علمی پاره وقت
- ❖ ۴ محقق تمام وقت و ۱۰ دانشجوی کارشناسی ارشد و دکتری
- ❖ ۳ شرکت دانش بنیان

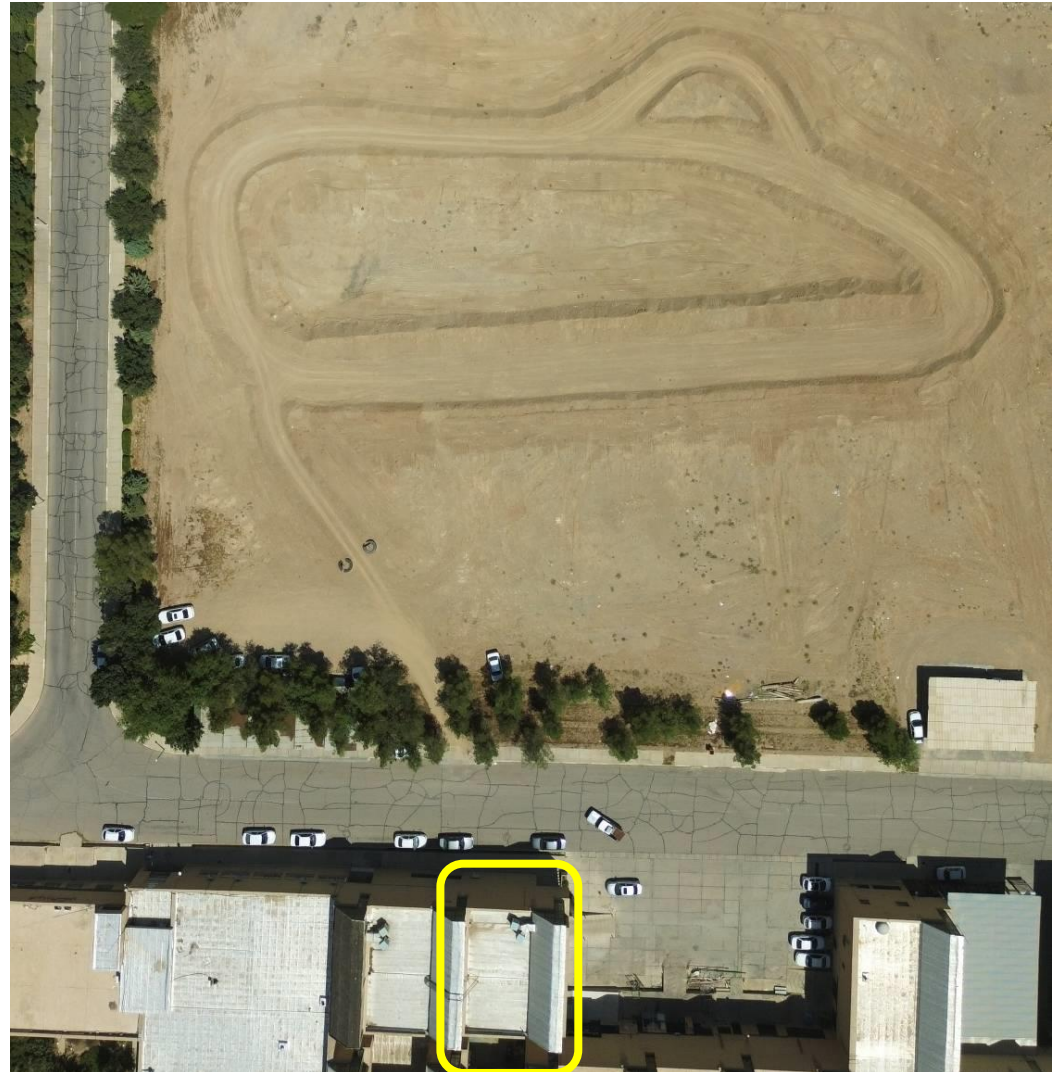
فضای کارگاهی



تجهیز آزمایشگاه و کارگاه جهت پیاده‌سازی، تست و به‌کارگیری سخت‌افزارها



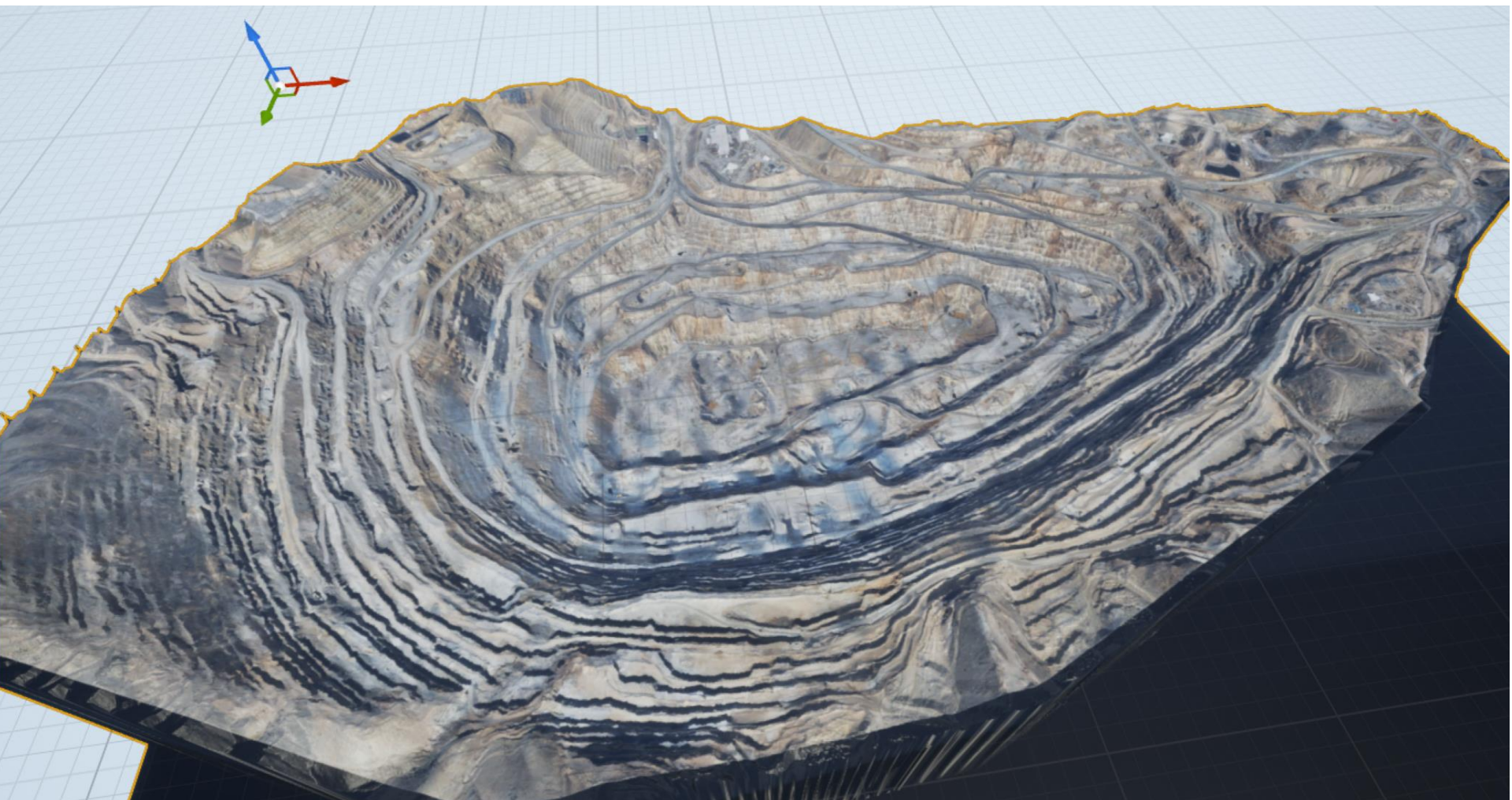
معدن مقیاس شده (۱ به ۴)



اتاق شبیه سازی و Teleoperation



نمایی از عملیات ترام محیط شبیه سازی شده معدن سرچشمه



خودروی پروتوتایپ در معدن آزمایشی مقیاس شده



خودروی پروتوتایپ در معدن آزمایشی مقیاس شده



خودروی پروتوتایپ در معدن آزمایشی مقیاس شده



رابطه Teleoperation



The screenshot displays the HiLookVision software interface. The top bar includes the title 'HiLookVision' and system information like 'madan' and '18:18:36'. The left sidebar contains a 'View' section with a search bar and options for 'Default View', '1-Screen', '4-Screen', '9-Screen', '16-Screen', and 'Custom View'. Below it is a 'Camera' section with a search bar and a list of camera types: 'HK', 'IP Camera2_NVR IP Static', 'Front', 'Rear', 'LR', 'LF', 'RF' (selected), 'Left Cam', 'Right Cam', 'NVR', 'Rear Cam', 'Varifocal Cam', 'Varifocal', and 'Forward Cam'. The main display area shows six camera feeds. The top row has three feeds: a left-side view of a dirt road, a wide view of a dirt area with a mountain in the background, and a right-side view of a dirt road. The middle row has three feeds: a front view of a vehicle, a wide view of a dirt area, and a right-side view of a dirt road. The bottom row features a large, wide-angle view of a dirt area with a mountain in the background, labeled 'Camera 01'. The bottom status bar shows a PTZ control error message: 'RF controls PTZ failed: Error Code: HONetSDK.dll(23) (Not supported.)'.

واحد طراحی سخت افزار و نرم افزار



استاندارد مبنای ایمنی



Standard	Title
ISO 31000	Risk Management Package
IEC 60204	Safety of Machinery – Electrical Equipment of Machines
IEC 61025	Fault Tree Analysis
IEC 61310	Safety of Machinery – Indication, Marking and Actuation
IEC 61508	Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety-Related Systems
IEC 61511	Functional Safety – Safety Instrumented Systems for the Process Industry Sector
IEC 62061	Safety of Machinery – Functional Safety of Safety-Related Electrical, Electronic and Programmable Electronic Systems
ISO 9001	Quality Management Systems – Requirements
ISO 12100	Safety of Machinery – General Principles for Design – Risk Assessment and Risk Reduction
ISO 13849	Safety of Machinery – Safety-Related Parts of Control Systems
ISO 14121	Safety of Machinery – Principles for Risk Assessment
ISO 15998	Earth-Moving Machinery – Machine-Control Systems (MCS) Using Electronic Components – Performance Criteria and Tests for Functional Safety
ISO 16001	Earth-Moving Machinery – Object Detection Systems and Visibility Aids – Performance Requirements and Tests
ISO 17757	Earth-Moving Machinery and Mining – Autonomous and Semi-Autonomous Machine System Safety
ISO 19014	Earth-Moving Machinery – Functional Safety
ISO 20474-1	Earth-Moving Machinery – Safety – Part 1: General Requirements
ISO 21815	Earth-Moving Machinery – Collision Warning and Avoidance
ISO 26262	Road Vehicles – Functional Safety

طبق مطالعات گسترده انجام شده و جلسه فنی برگزار شده با کارشناسان HSE مجتمع استاندارد ایستیتو استاندارد بریتانیا ۱۷۷۵۷ به عنوان مرجع ایمنی طراحی های سیستم خودران انتخاب گردید.

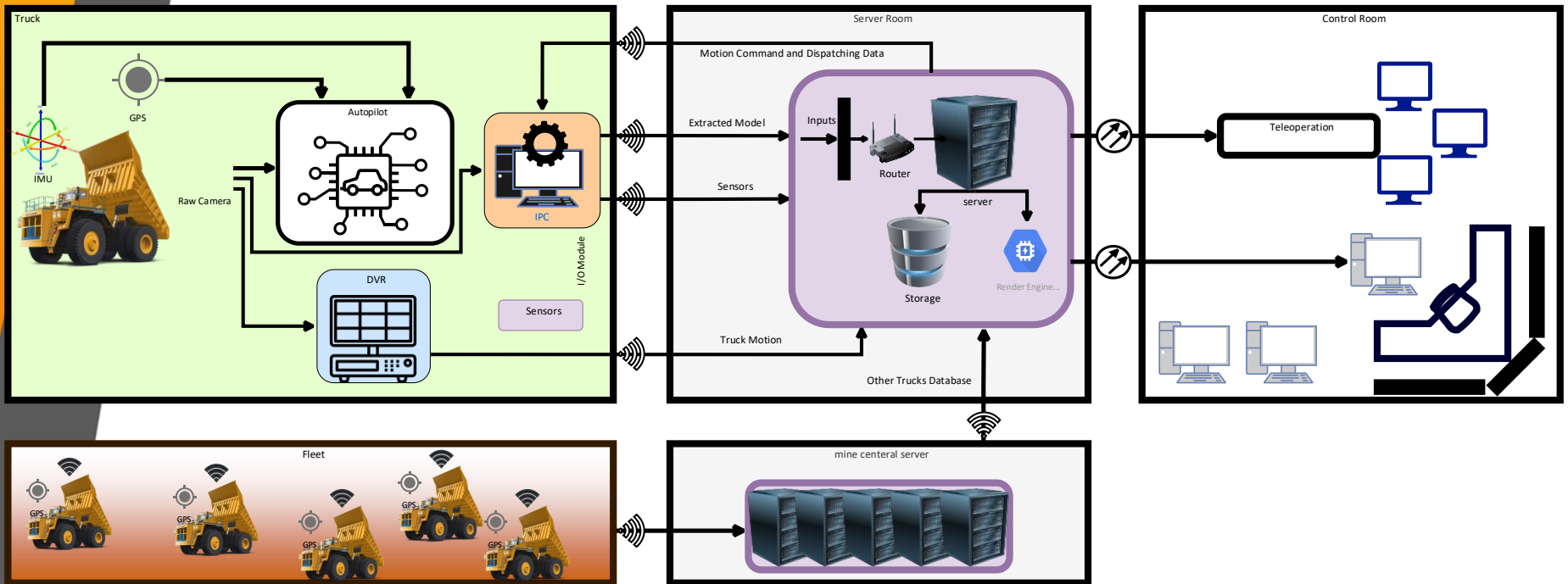
BS ISO 17757:2019



BSI Standards Publication

Earth-moving machinery and mining. Autonomous and semi-autonomous machine system safety

طراحی مفهومی سیستم



ساخت اتاق کنترل تراک خودران در معدن



با تلفیق استانداردهای:

• ملی مراکز کنترل ISIRI11844-6

• ISO11064-3

• دستورالعملهای سازمان پدافند غیرعامل کشور و شرایط ساختمانی موجود

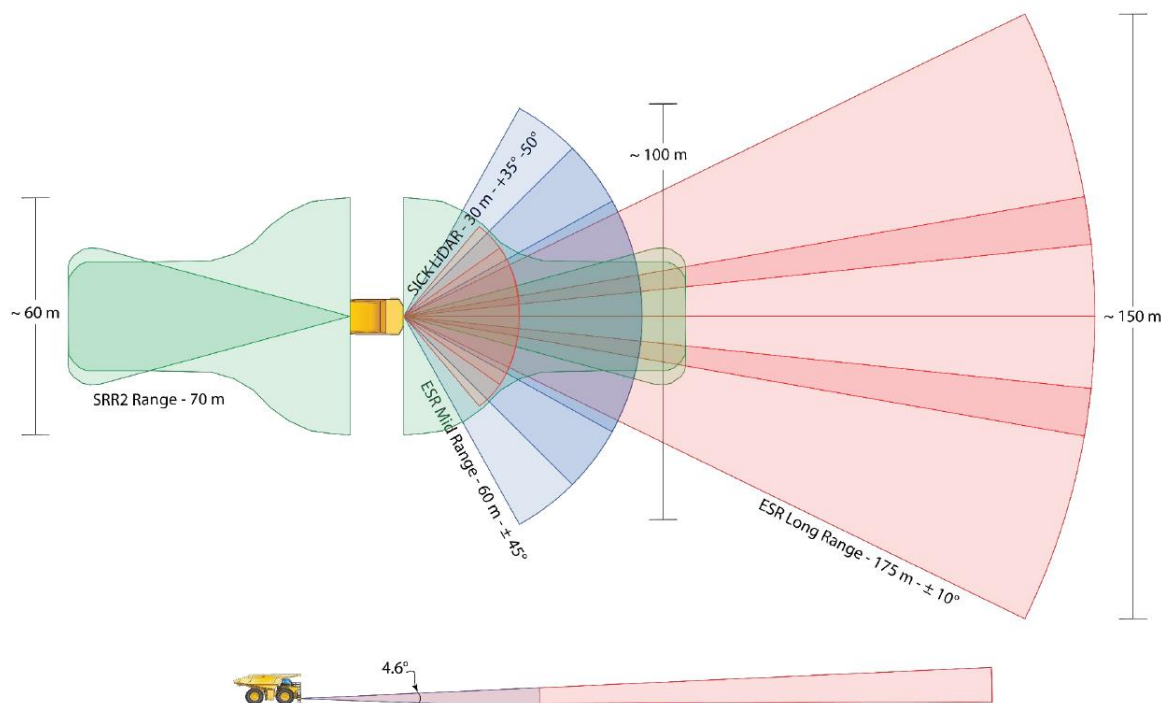


سنسورهای ناوبری



- جهت تشخیص موانع و عدم برخورد
- مسیریابی و کنترل وسیله نقلیه با توجه به محیط اطراف

Komatsu 980-E (Alberta Oil Sands)



- شامل سنسورهای:
- لایدار
 - رادار
 - التراسونیک
 - دوربین
 - پردازنده‌های قدرتمند

Figure 4.6 Komatsu Perception System Field of View (Alberta Oil Sands).

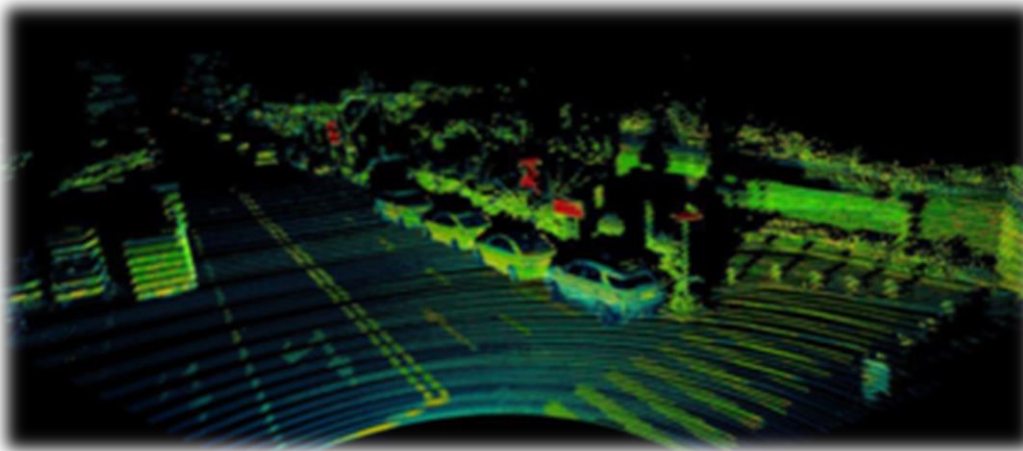
لایدار



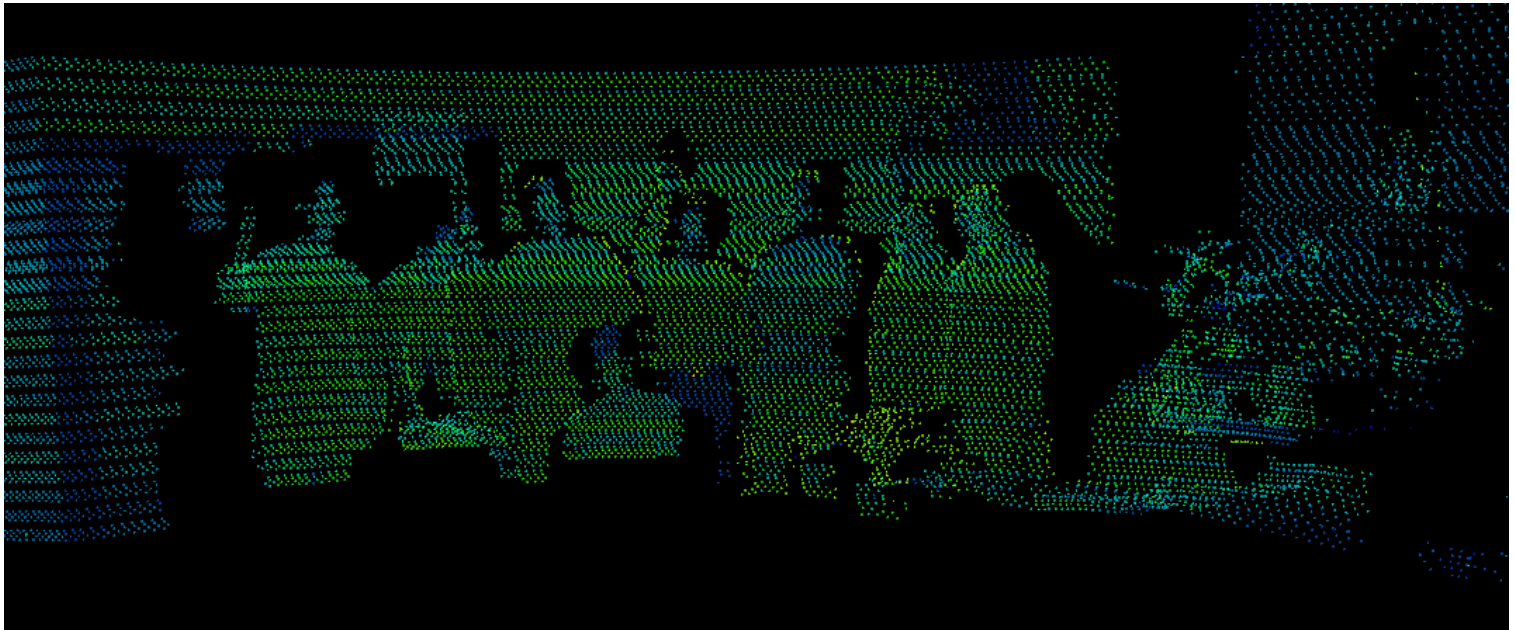
تعیین فاصله و تشخیص موانع با استفاده از ابر نقاط و زمان بازگشت نور منعکس شده

• مدل LS Lidar CH128X

- اندازه‌گیری تا فاصله ۲۰۰ متر
- تولید ۷۶۰،۰۰۰ نقطه در ثانیه
- زاویه دید ۱۲۰*۲۵ درجه
- دارای ۱۲۸ کانال



لایدار

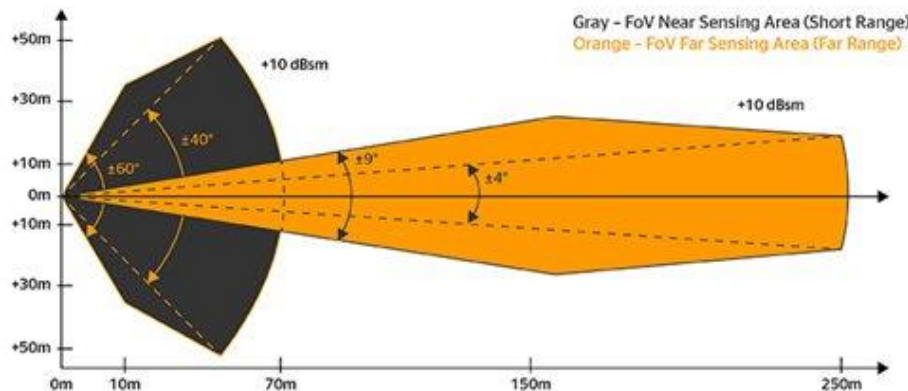


تصویر یادگاری تیم راه اندازی لایدار، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۴۰۲/۴/۱۰

تشخیص یا آشکارسازی اجسام و اندازه‌گیری فاصله به کمک موج‌های رادیویی

- مدل CONTINENTAL ARS 408-21
- دارای دو محدوده بلند و متوسط
- محدوده فرکانسی ۷۶-۷۷ گیگاهرتز
- محدوده بلند با فاصله ۲۵۰ متر و زاویه دید ۱۸ درجه
- محدوده متوسط با فاصله ۷۰ متر و زاویه دید ۱۲۰ درجه

ARS 408-21 Sensor Ranges



التراسونیک



تعیین فاصله و تشخیص موانع نزدیک با استفاده از موج فراصوت



- مدل Pepperl Fuchs UC4000
- اندازه‌گیری تا فاصله ۶ متر
- امکان تنظیم زاویه دید و محدوده اندازه‌گیری
- خروجی آنالوگ و دیجیتال
- امکان سنکرون کردن مجموعه سنسورها

دوربین



استفاده جهت نظارت، TeleOperation، داده برداری، تشخیص اشیا و موانع با پردازش تصویر

• مدل Hikvision DS-2XM6522G1-IM/ND(2.8mm,4mm)

و مدل Hikvision DS-2XM6542G1-IM/ND(2.8mm)

• مورد تأیید استانداردهای محیطی مختلف و قابل استفاده در نور کم

• دوربین از نوع IP (دارای خروجی اترنت) و قابلیت POE

• دوربین با میدان دید وسیع جهت بررسی نقاط کور اطراف بدنه

• کانکتورهای M12 Aviation



سیستم‌های پردازشی



• کامپیوتر صنعتی (Fanless IPC)

استفاده جهت:

- پردازش‌های سنگین و الگوریتم‌ها با پردازنده قدرتمند
- دریافت داده‌های سنسورها و دوربین‌ها از طریق کارت‌های واسط یا مستقیم
- دارای استانداردهای محیطی و کانکتورهای M12
- مدل Vecow ivx1000



سیستم‌های پردازشی



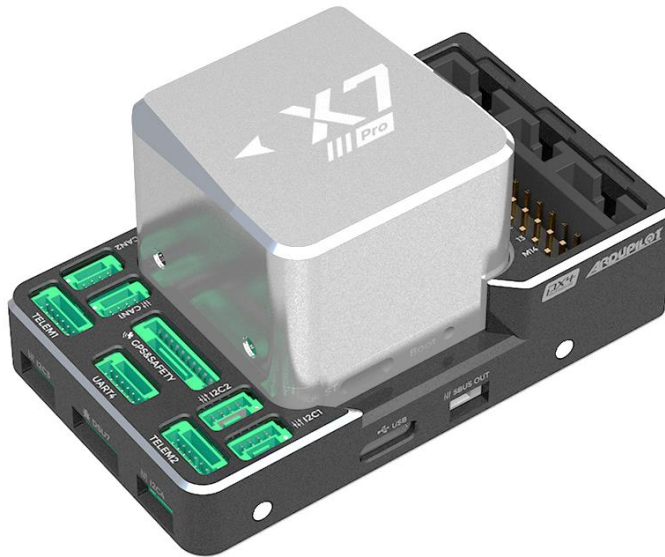
- کامپیوتر صنعتی (Fanless IPC)
- استفاده از پردازنده نسل ۱۳ شرکت intel مدل i7 13700E
- 64GB Wide Temp. DDR5 RAM
- 4TB Wide Temp. SSD
- پردازنده گرافیکی قدرتمند MXM NVIDIA RTX Ampere 4500 GDDR6
- دارای ۱۰ پورت اترنت 2.5G + POE با کانکتور M12
- دارای ۱۶ پورت DIO



سیستم‌های پردازشی



CUAV



AutoPilot •

- پردازش سریع
- پیاده‌سازی الگوریتم‌های فرمان
- اعمال فرامین عملگرها
- دارای سنسورهای قدرتمند MU
- مدل CUAV X7 Pro+
- همراه با GPS RTK مدل Pro 3

نمایشگر صنعتی



• نمایشگر صنعتی ۱۵ اینچی

• مدل Advantech FPM-215

• نمایش وضعیت سیستم

• بررسی و نمایش عیوب

• نمایش اخطارها

• عیب یابی

• دارای استاندارد محیطی و صنعتی



سیستم موقعیت یابی



- جهت یافتن موقعیت و جهت گیری با دقت بالا (میلی متر)
- سیستم سفارشی شده برای پروژه با سخت افزارهای:
- گیرنده iRNet با تعیین جهت گیری مجهز به رادیو داخلی و مودم wifi
- دو آنتن ژئودتیک
- سیستم تصحیحات نقطه کور RNap2



عملگرها و سنسورهای اپراتوری



• اجزای محوری در بخش الکترومکانیک:

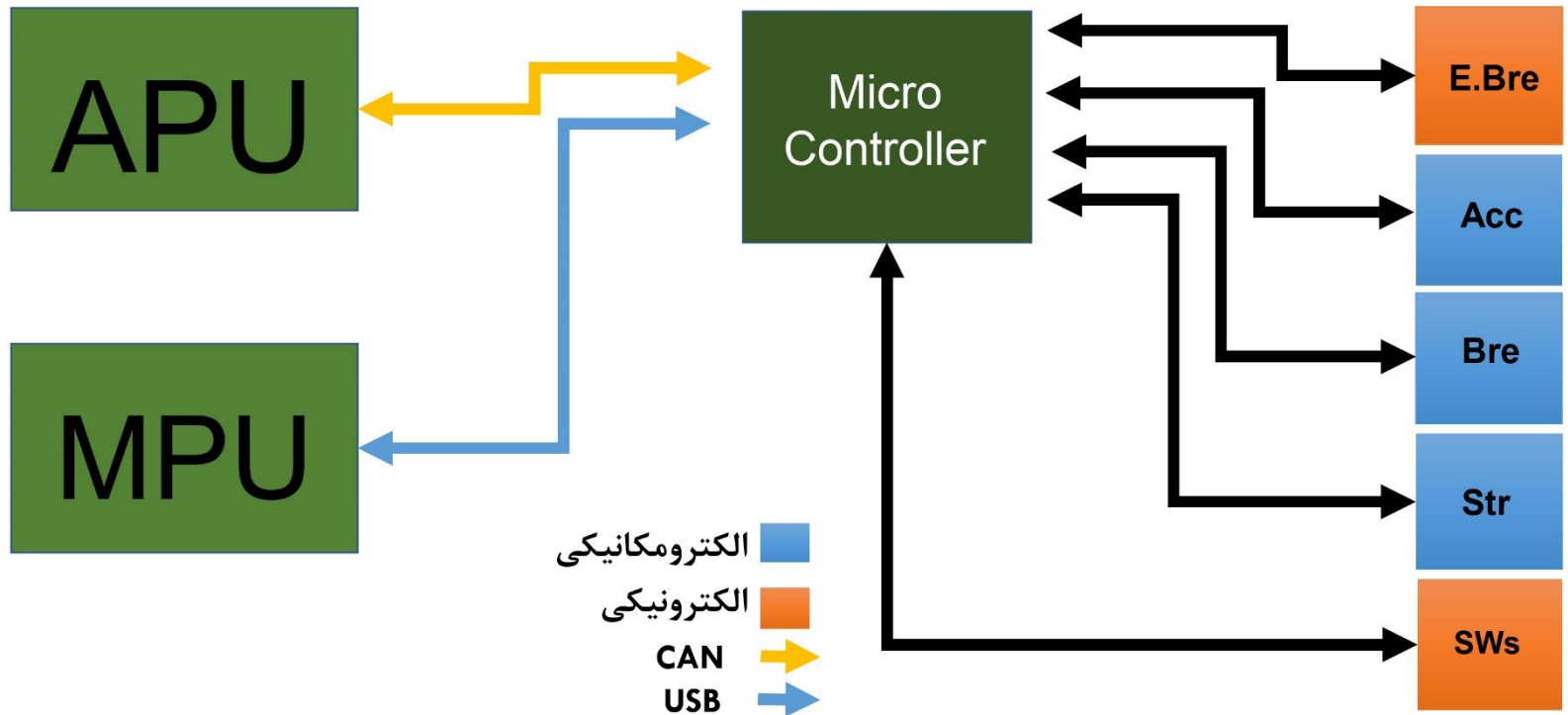
- ۱- پدال گاز
- ۲- پدال ترمز الکتریکی
- ۳- پدال ترمز هیدرولیکی
- ۴- فرمان
- ۵- سه عدد سویچ

• ساختار کاری شامل:

- ۱- استپر موتور
- ۲- درایور استپر موتور
- ۳- شفت
- ۴- مدارات قدرت و فرمان
- ۵- سایر اجزای مکانیکی



بلوک دیاگرام ارتباط بخش اپراتوری با سایر اجزاء





سوئیچ‌ها

۴۲. کلید حالت های ترمز برقی (اضافی)

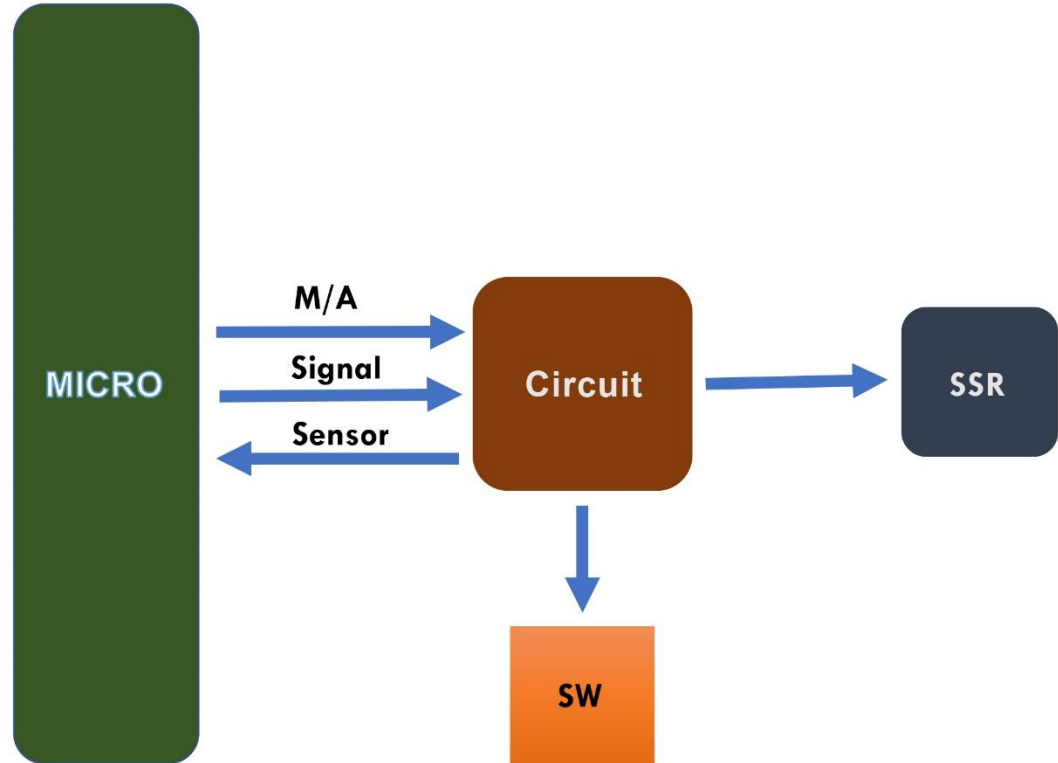
حالت معمولی	حالت فشرده شده
حالت ترمز برقی با محدودیت امکانات ترمز روشن می باشد	حالت ترمز برقی در موقع حرکت با سرعت دائم روشن می شود

۴۱. کلید انتقال قدرت برقی

حالت بالا	حالت وسط	حالت پایین
برق از ژنراتور می آید	خاموش می باشد	برق از خارج تامین می شود

۴۳. کلید حرکت

حالت بالا	حالت وسط	حالت پایین
حرکت به جلو	خاموش می شود	حرکت به عقب





با تشکر از توجه شما عزیزان