فرودگاه‌ها: طراحی

کلمه «فرودگاه» نه تنها دربرگیرندهٔ فرودگاه‌های غیر نظامی است، بلکه در برگیرنده همه تاسیسات هوانوردی (حتی با تعدادی ساختمان) و جایگاه هلی‌کوپتر نیز می‌باشد. فرودگاه‌ها را می‌توان به فرودگاه‌های عمومی (یعنی مورد دسترس تمامی مسافران هوایی) و فرودگاه‌های خصوصی تقسیم کرد (مثلا ترمینال‌های حمل و نقل هوایی، فرودگاه‌های شرکتی، کلوپ‌های هوایی و پایگاه‌های هوایی).

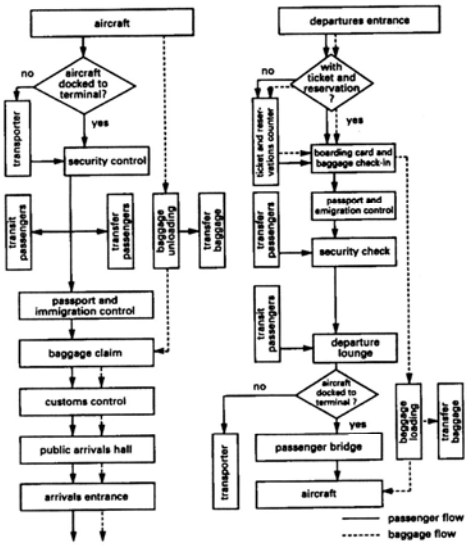
مکان

انتخاب مکان برای یک فرودگاه به شرایط توپوگرافی، زمین شناسی، هواشناسی و وضعیت مناطق ساخته شده اطراف بستگی دارد. برای باندهای پرواز فرود، راه‌های رفت و آمد هواپیما، ساختمان‌های ترمینال، محل‌های حفظ و نگه‌داری، انبار سوخت و غیره و نیز برای توسعه احتمالی آینده باید زمین کافی وجود داشته باشد. عامل مهم دیگر، نزدیکی به شبکه‌های حمل و نقل موجود و بالقوه است.

پلان گسترش عمومی

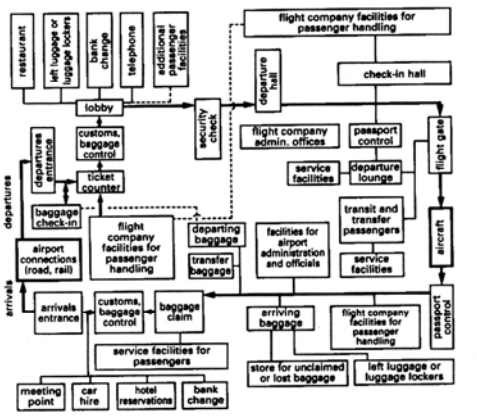
برای تمام فرودگاه‌ها، باید یک پلان گسترش که حداقل ۲۰ سال آینده را نیز پیش‌بینی می‌کند در نظر گرفت و باید در فواصل زمانی منظمی، مورد تجدید نظر قرار گیرد تا امکان تغییرات در حجم و ماهیت ترافیک هوایی، پیشرفت در تکنولوژی هوانوردی و سایر نوآوری ها فراهم آید.

پیش‌بینی‌های ترافیکی باید شامل اطلاعاتی راجع به حرکت هواپیماها، تعداد مسافران و حجم بارگیری باشد. آن‌ها باید به طور منظم مورد بررسی قرار گیرند و به‌روز شوند تا همگام با تحولات، نوین گردند. برای محاسبات و طراحی امکانات فرودگاهی باید مقادیر حداکثر ترافیک انتخاب شوند (مانند مقادیر حداکثر که ۳۰ بار در سال و یا ۱۰ بار در ماه به‌دست می‌آیند)، نه مقادیر حداکثر مطلق.



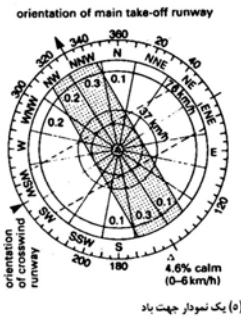
(۱) نمودار جریان مسافران ورودی

(۲) نمودار جریان مسافران خروجی



(۳) نمودار عملی یک ساختمان ترمینال

(٤) ارتفاع‌های مجاز ساختمان‌های جنب باند

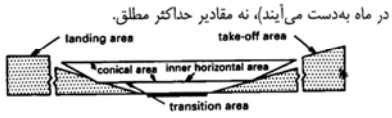


(٥) یک نمودار جهت باد

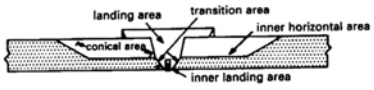
breakdown of wind speeds and directions experienced

direction	7–24 km/h	25–37 km/h	39–76 km/h	total
N	4.8	1.3	0.1	6.2
NNE	3.7	0.8	–	4.5
NE	1.5	0.1	–	1.6
ENE	2.3	0.3	–	2.6
E	2.4	0.4	–	2.8
ESE	5.0	1.1	–	6.1
SE	6.4	3.2	0.1	9.7
SSE	7.3	7.7	0.3	15.3
S	4.4	2.2	0.1	6.7
SSW	2.6	0.9	–	3.5
SW	1.6	0.1	–	1.7
WSW	3.1	0.4	–	3.5
W	1.9	0.3	–	2.2
WNW	5.8	2.6	0.2	8.6
NW	4.8	2.4	0.2	7.4
NNW	7.8	4.9	0.3	13.0
calm	(0–6 km/h)			4.6
total				100.0

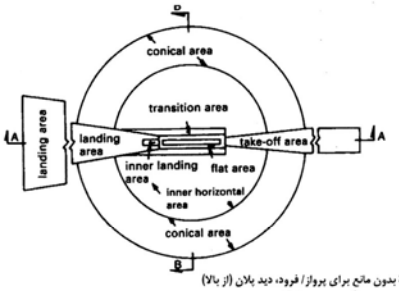
(٦) اطلاعات باد



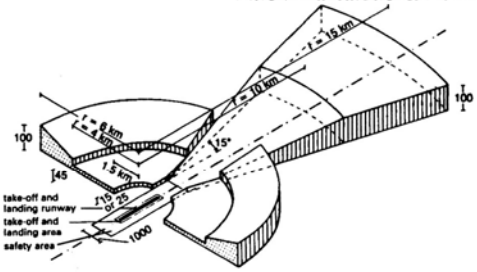
(۷) محوطهٔ بدون مانع بلای پرواز / فرود، مقطع طولی (A-A)



(۸) محوطهٔ بدون مانع برای پرواز / فرود، مقطع عرضی (B-B)



(۹) محوطهٔ بدون مانع برای پرواز / فرود، دید پلان (از بالا)



(۱۰) محوطه‌های حفاظت ساختمان برای فرودگاهی با فرود به کمک تجهیزات

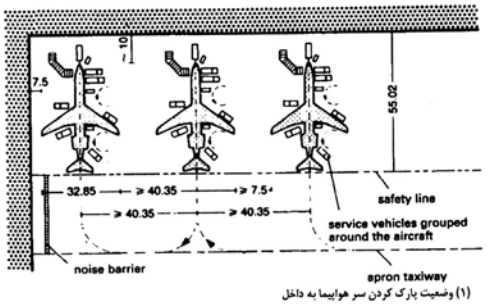
فرودگاه‌ها: طراحی

طراحی با آینده نگری، مستلزم پیش‌بینی ترافیک (رفت و آمد) براساس مفروضات زیر است:

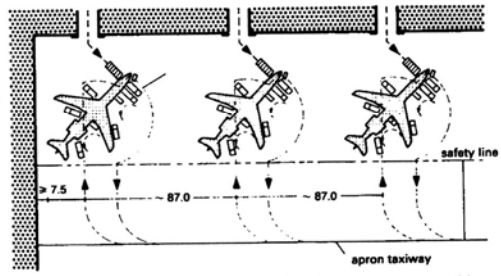
- متوسط/ اوج نقل و انتقال مسافر (خارجی/ داخلی، پروازهای ورودی/ پروازهای خارجی، انتقالی‌ها و ترانزیتی‌ها، حمل و نقل کوتاه/ حمل و نقل طولانی)،
- متوسط/ اوج خروج و فرودهای مخصوص حمل بار هوایی/ محموله‌های پستی هوایی (خارجی / داخلی، واردات/ صادرات، انتقال)، نسبت ابعاد استاندارد (کانتینرها و پالت‌ها)،
- متوسط/ اوج مجموع تناژ، تعداد اقلام یا حجم کالا)، و
- متوسط/ اوج نقل و انتقال هواپیما مطابق با نوع هواپیما (مسافر، حمل بار یا ترافیک ممزوج).

سایر عوامل مهم طراحی عبارتند از:

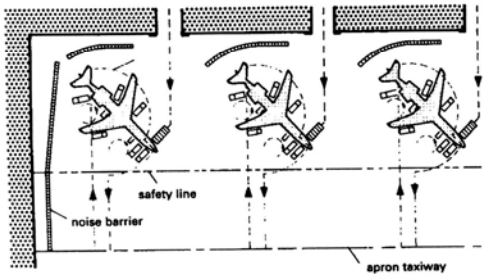
- انتخاب روش حمل و نقل از طرف مسافران (اتومبیل شخصی، تاکسی، حمل و نقل عمومی)،
- تعداد متوسط افراد همراه هر مسافر، متوسط تعداد اقلام اثاثیه به ازای هر مسافر، تعداد واردین به فرودگاه (بی‌ارتباط با مسافران، کارکنان).



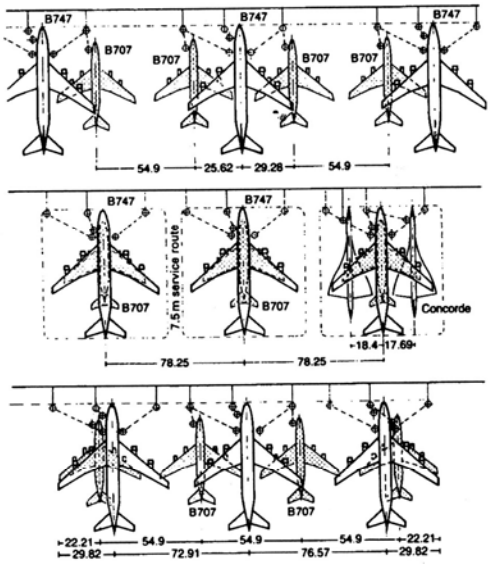
(۱) وضعیت پارک کردن سر هواپیما به داخل



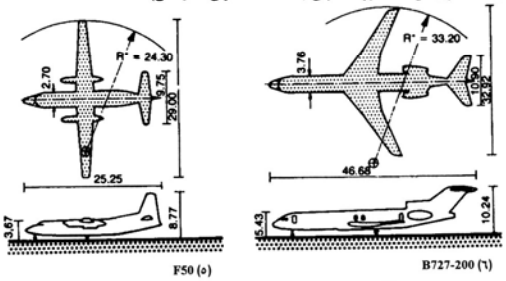
(۲) وضعیت پارک کردن سر هواپیما به داخل، مورب

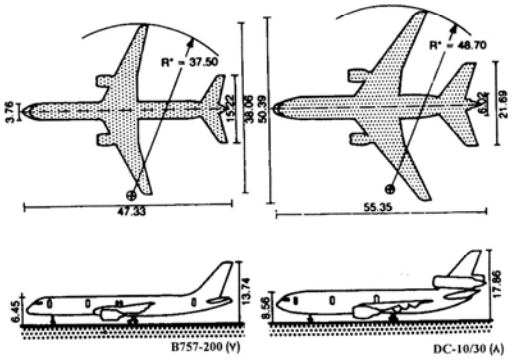


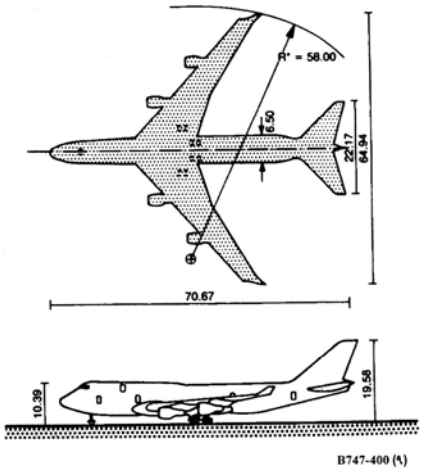
(۳) وضعیت پارک کردن سر هواپیما به خارج، مورب



(٤) ترتیب‌های پارک کردن هواپیما







فرودگاه‌ها: ترمینال‌ها

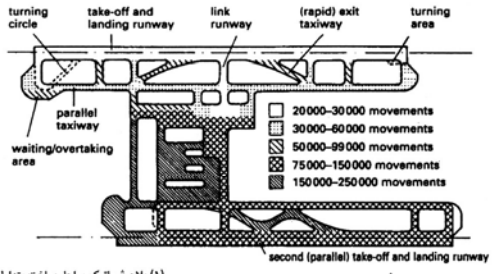
فضاهای عملکردی زیر، تعیین کنندهٔ ظرفیت فرودگاه است:

- سیستم بلند شدن و نشستن هواپیما (تحرکات ممکن هواپیماها در واحد زمان)،
- مسیرهای حرکت هواپیما و تعداد درهای ورودی/ خروجی، و
- ساختمان‌های ترمینال مسافری (نقل و انتقالات ممکن مسافران اثاثیه و بار هوایی در واحد زمان).

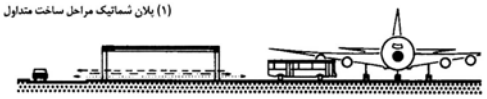
ظرفیت سیستم ورود با موارد زیر تعیین می‌شود:

- سیستم‌های جاده‌ای و ریلی (از جمله تدارک پارکینگ، ظرفیت جاده‌ها)،
- تایید امنیت ورود مسافران و اثاثیه (تعداد پیشخوان‌ها و ظرفیت سیستم حمل و نقل)، و
- کنترل گذرنامه، بازرسی امنیتی، بازرسی‌های قبل از سوار شدن به هواپیما (اندازه اتاق‌های انتظار، تعداد پیش‌خوان‌ها).

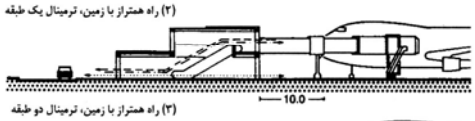
apron، محوطه‌ای است که باندهای پرواز را به ترمینال اتصال می‌دهد و شامل مسیرهای حرکت هواپیما، محوطه‌های مانور کردن/ پارک کردن هواپیماها، جاده‌ها و راه‌های خودروها و محل‌هایی برای خودروهای سرویس‌دهی، محل‌های انبار و نگه‌داری خودروهای سرویس‌دهی و تجهیزات عمومی است؛ بنابراین باید مطابق با ترمینال گسترش یابد.



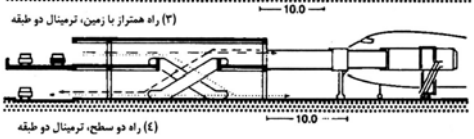
(۱) پلان شماتیک مراحل ساخت متداول



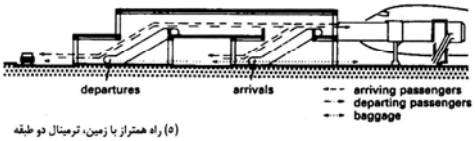
(۲) راه همتراز با زمین، ترمینال یک طبقه



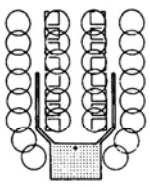
(۳) راه همتراز با زمین، ترمینال دو طبقه



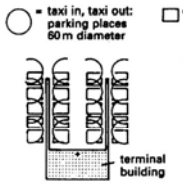
(٤) راه دو سطح، ترمینال دو طبقه



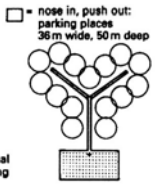
(٥) راه همتراز با زمین، ترمینال دو طبقه



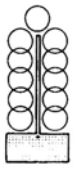
(٦) طرح اسکله مانند



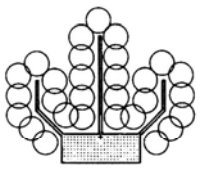
(٦) ← (٧)



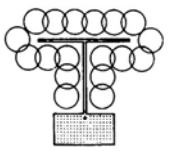
(٦) ← (٨)



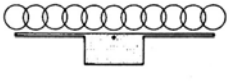
(٦) ← (٩)



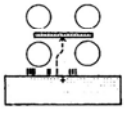
(٦) ← (١٠)



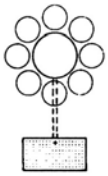
(٦) ← (١١)



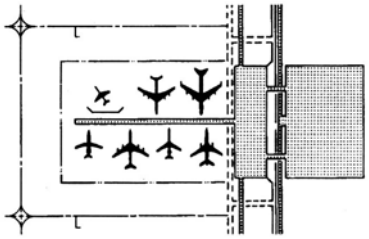
(١٢) طرح خطی



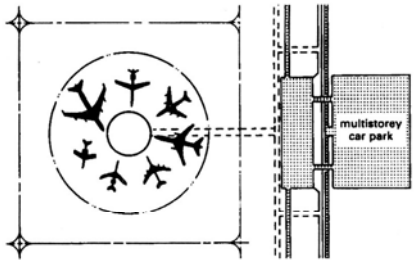
(١٣) طرح انتقال دهنده



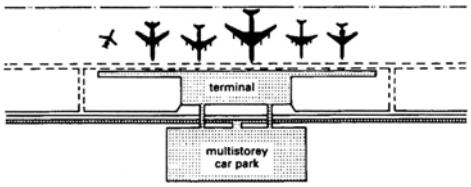
(١٤) طرح ماهواره‌ای



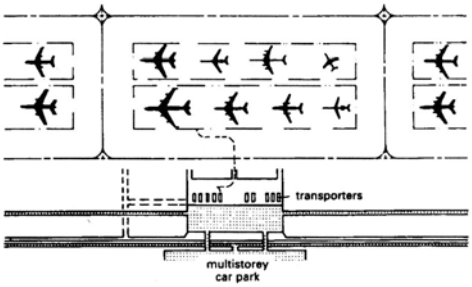
(١٥) طرح اسکله‌ای



(١٦) طرح ماهواره‌ای



(١٧) طرح خطی



(١٨) طرح انتقال دهنده

فرودگاه‌ها: ترمینال‌ها

مفاهیم ترمینال مسافری

فرودگاه‌ها برای پذیرش هواپیماها و ارتباط آن‌ها با ترمینال‌ها و ساختمان‌های اصلی از روش‌های متفاوتی استفاده می‌کنند. در این‌باره، چهار مفهوم اصلی وجود دارند:

۱ـ *روش اسکله‌ای:* با ترمینال مرکزی اصلی ص ۴۴۸، ←(۶) ـ(۱۱) +(۱۵). هواپیماها، در هر دو طرف یک سکو که به ساختمان ترمینال متصل می‌شود پارک می‌کنند. در جایی که دو یا چند سکو وجود دارد، فضای بین آن‌ها باید برای ۱ـ ۲ مسیر حرکت هواپیما (که امکان حرکت کردن همزمان هواپیما به داخل و خارج را می‌دهد) مهیا باشد.

۲ـ *روش ماهواره‌ای:* ترمینال مرکزی اصلی ص ۴۴۸، ←(۱۴) + (۱۶). یک یا چند ساختمان «که هر یک از آن‌ها با محل‌های پارک هواپیماها احاطه شده‌اند» به ترمینال اصلی و عموما با کریدورهای بزرگ زیرزمینی متصل می‌شوند.

۳ـ *روش خطی:* ص ۴۴۸، ←(۱۲)+ (۱۷). هواپیماها در طول ساختمان ترمینال در یک خط در مجاورت یکدیگر به حالت‌های جلوی هواپیما به سمت داخل، موازی یا اُوریب پارک می‌کنند. وضعیت پارک کردن تا حد زیادی تعیین کنندهٔ طول کلی ترمینال است.

۴ـ *روش انتقالی:* ص ۴۴۸، ←(۱۳) + (۱۸). پارکینگ هواپیماها از نقطه نظر فضا، از ترمینال جدا می‌شود و مسافران با استفاده از اتوبوس‌های مخصوصی به کنار پرواز یا از کنار پراوز به ترمینال آورده می‌شوند.

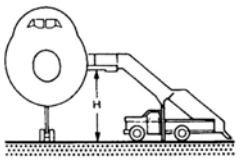
اقسام مختلطی را نیز می‌توان از طرح‌های اساسی بالا به‌دست آورد.

hourly capacity

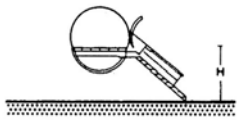
take-off/landing runways	VFC	IFC	annual traffic volume
	movements/hour		movements
51 - 98		50 - 59	195000 - 240000
94 - 197 (215 - 761 m)		56 - 60	260000 - 355000
103 - 197 (762 - 1310 m)		62 - 75	275000 - 365000
103 - 197 (1311 m +)		99 - 119	305000 - 370000
73 - 150 (⟶)		56 - 60	220000 - 270000
73 - 132 (←--)		56 - 60	215000 - 265000
72 - 98		56 - 60	200000 - 265000

VFC = visual flight conditions
IFC = instrument flight conditions

(۱) ظرفیت سیستم‌های متفاوت باند بلند شدن/ نشستن

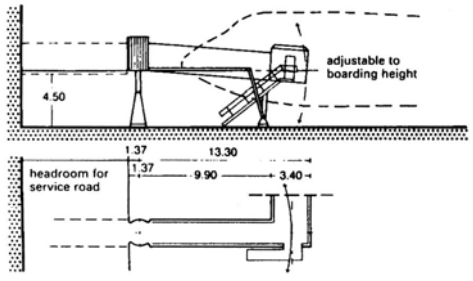


(۲) پلکان سوار بر کامیونت

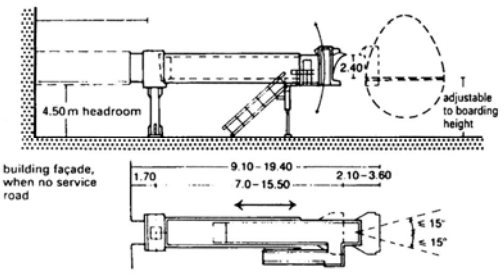


type	F50	B727	B757	DC-10	B747
H (m)	1.29	2.97	4.01	5.16	5.36

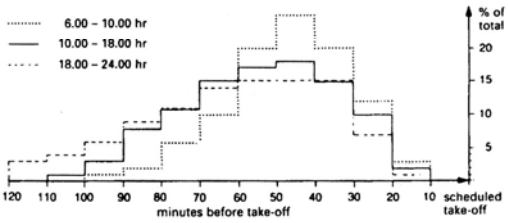
threshold height (H) of the integrated step to the cabin floor



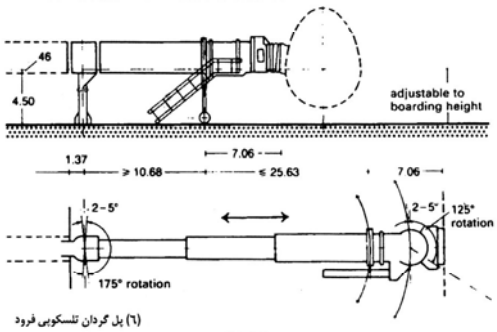
(۳) پل گردان



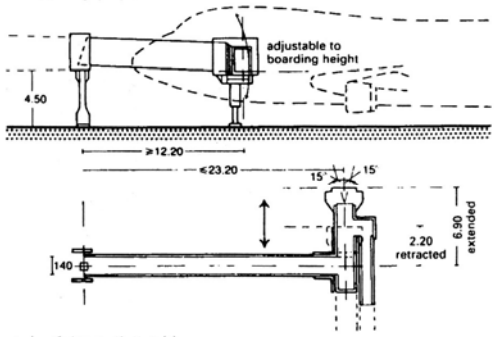
(٤) پل با ارتفاع متنوع تلسکوپی با ستون حایل



(٥) توزیع زمان‌های ورود مسافر قبل از پرواز برنامه‌ریزی شده



(٦) پل گردان تلسکوپی فرود



(۷) پل با ارتفاع متنوع تلسکوپی فرود

فرودگاه‌ها: باندها و فضاها (Apron)

قرارگیری طول‌ها و تعداد باندهای بلند شدن و نشستن هواپیماها را، عوامل چندی تعیین می‌کنند:

- جهت قرارگیری اساسا با جهت باد غالب محلی تعیین می‌شود؛ با این هدف که بتوان ۹۵٪ از سال را (با حد اکثر سرعت باد جانبی ۲۰ گره) به فرودگاه نزدیک شد. بادهای قوی مکرر (متقاطع) دیگر، می‌تواند یک باند ثانویه را الزامی سازد ص ۴۴۶، ← (۴) + (۵)،
- طول باند با نوع هواپیما، شرایط آب و هوایی و توپوگرافیک غالب همچون دمای هوا، فشار هوا (در ارتباط با ارتفاع از سطح دریا) شیب‌بندی زمین و غیره تعیین می‌شود، و
- تعداد باندها به حجم ترافیک بستگی دارد. یک ترتیب آرایش موازی (توجه داشته باشید که حداقل فاصله ۲۱۵ m است) به خصوص مفید است و اگر این فاصله بیش از ۱۳۱۰ m باشد امکان بلند شدن‌ها و نشستن‌های همزمان وجود دارد که امکان دسترسی به بیشترین ظرفیت تئوریک فراهم می‌شود ص ۴۴۹، ← (۱).

محوطهٔ حرکت هواپیما باید بگونه‌ای طراحی شود که بتوان به سریع‌ترین شکل، پس از به زمین نشستن هواپیما باندها را خالی نموده (باندهای پرواز با مسیر خروجی سریع) از کوتاه‌ترین مسیرها به محل‌های پارک کردن رسید. در فرودگاه‌های پر رفت و آمد، محوطه‌های سبقت گرفتن یا باندهای کمربندی می‌توانند به افزایش ظرفیت کمک کنند.

وضعیت پارک کردن هواپیماها

وضعیت دماغهٔ هواپیما به داخل، ص ۴۴۷، ← (۱) دارای مزایای زیر است:

نیاز به فضای کمتر، مشکلات کمتر در ارتباط با دود اگزوز برای پرسنل، تجهیزات و ساختمان‌ها، زمان‌های سرویس‌دهی سریع همان‌طور که می‌توان تجهیزات را پیش از ورود مهیا ساخت و سهولت ارتباط با پل‌های مسافری. اما این وضعیت، مستلزم یدک‌کشی برای مقاصد مانور دادن است و این امر هم، نیازمند زمان بیشتر و پرسنل مجرب است.

در حالت پارک کردن «حرکت به داخل/ حرکت به‌خارج» (مثلا دماغه به داخل، ص ۴۴۷ ← (۲) و دماغه به خارج اریب ، ص ۴۴۷، ← (۳) ، یدک‌کشی لازم نیست. اما چنین حالت پارک کردنی، نیازمند فضایی بیشتر است و از طرف دیگر، همان‌طور که هواپیماها حرکت می‌کنند، دود و آلودگی صوتی بیشتری در مجاورت ترمینال ایجاد می‌شود، بنابراین ضرورت ایجاب می‌کند تا تدابیری همچون موانع جریان هوا اضافه گردد.

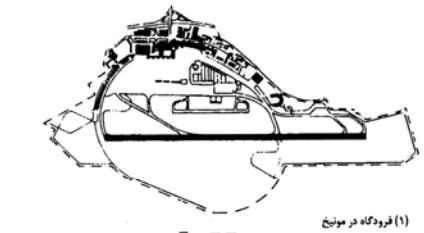
سیستم پارک کردن موازی، آسان‌ترین مانور را برای هواپیماهای ورودی و خروجی فراهم می‌آورد و احتیاجی به یدک‌کشی هم نیست. از معایب این سیستم، افزایش نیاز به فضا می‌باشد و فعالیت هواپیماهای مجاور را در طول حرکت کردن محدود می‌کند.

راه‌های رسیدن به فضاهای پارکینگ

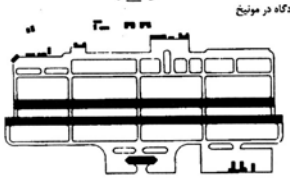
علایم راهنما و قرار دادن راه‌های مخصوص سرویس‌دهی در فضای جلوی ترمینال از اهمیت ویژه‌ای در زمینهٔ کارآیی و ایمنی فرودگاه‌ها برخوردارند. راه‌های رسیدن به ترمینال باید بگونه‌ای طراحی شوند که ارتباط مستقیم و ایمنی را با سایر قسمت‌های فرودگاه فراهم سازند. نقاطی که این جاده‌ها و مسیرهای حرکت هواپیماها را قطع می‌کنند، با سایر مسیرهای خودروهای خدماتی باید به حداقل برسند. این راه‌ها می‌توانند از جلو یا عقب هواپیماها در حالت پارک یا از بین بال‌ها عبور کنند ص ۴۴۷ ← (۴).

در صورتی که (با احتمال) راه‌های رسیدن به فضاهای جلوی ترمینال از زیر پل‌های مسافری بگذرد، برای تمامی خودروهای ارایه دهندهٔ سرویس، ارتفاع کافی مورد نیاز است (معمولا حداقل ۴/۵۰m) ص ۴۴۹ ← (۳)+(۷). به دلیل وسعت مکانیزه بودن سرویس‌دهی به هواپیماها، باید فضای کافی برای بارگیری و پارک کردن تجهیزات و خودروهای سرویس دهنده (از جمله کانتینرهای خالی) در نظر گرفته شود.

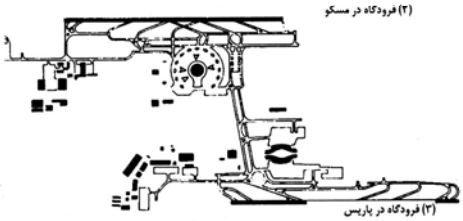
ترمینال‌ها، اساساً انتقال مسافران از وسایل حمل و نقل زمینی (حمل و نقل عمومی، تاکسی‌ها و اتومبیل‌های شخصی) به هواپیما را تسهیل می‌کنند. بنابراین باید بگونه‌ای طراحی شوند که انتقال مسافران و وسایل آن‌ها به صورتی کارآمد، راحت و سریع و در عین حال با کمترین هزینهٔ ممکن صورت پذیرد. یک معیار مهم، فاصلهٔ حرکت کردن مسافر است: مسافت‌های بین محل پارک اتومبیل و قسمت‌های عملکردی اصلی، باید تا حد امکان کوتاه باشد. انجام تغییرات برای افزایش پذیرش ترافیک نیز باید بدون تغییرات عمده و هزینه‌بر، در ترمینال اصلی انجام شوند.



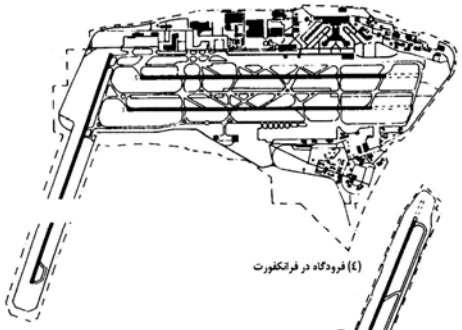
(۱) فرودگاه در مونیخ



(۲) فرودگاه در مسکو

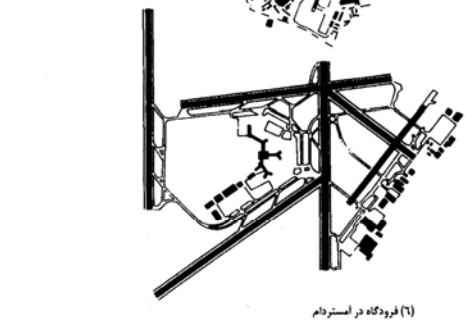


(۳) فرودگاه در پاریس



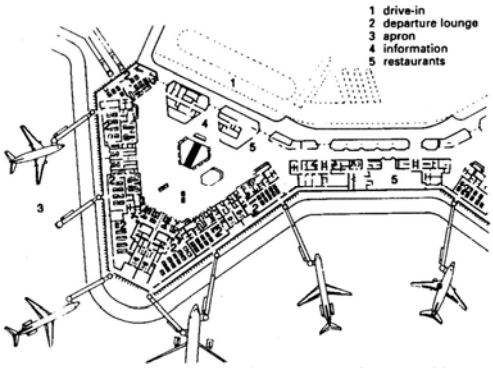
(٤) فرودگاه در فرانکفورت

(٥) فرودگاه در هامبورگ

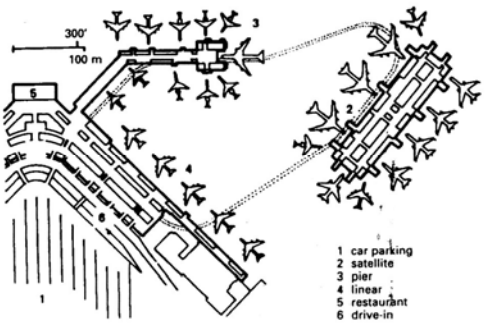


(٦) فرودگاه در امستردام

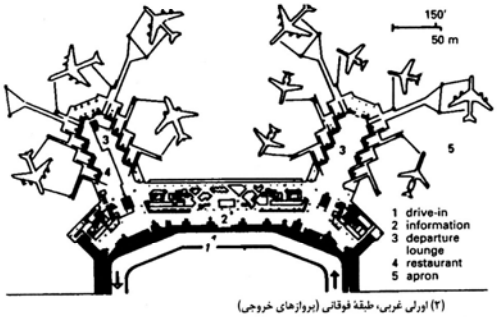
فرودگاه‌ها: مثال‌ها



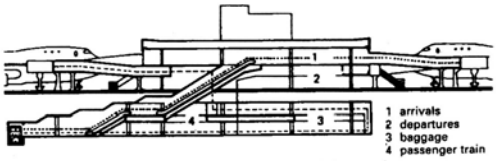
(۱) فرودگاه هانوفر (سیستم تمرکززدایی شده)، بخشی از سطح پروازهای خروجی



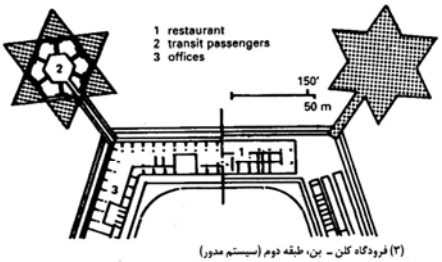
(٦) فرودگاه Tacoma سیاتل (ترکیب سیستم پل، خطی و مدور)



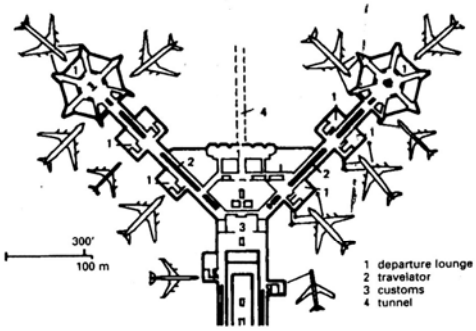
(۲) اورلی غربی، طبقهٔ فوقانی (پروازهای خروجی)



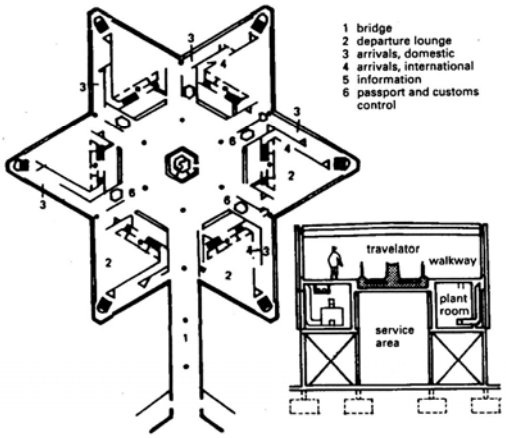
(۷) مقطع عرضی سیستم مدور ← (٦)



(۳) فرودگاه کلن ـ بن، طبقه دوم (سیستم مدور)

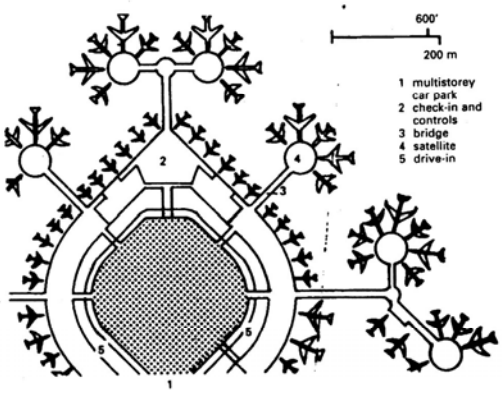


(۸) فرودگاه اصلی فرانکفورت، قسمتی از طبقهٔ همکف



(٤) پلان مدور در ← (۳)

(۵) ارتباط با ← (٤)



(۹) فرودگاه سانفرانسیسکو، سطح پروازهای خروجی