تصنيف المنظومات

المنظومة: هي مجموعة من العناصر التي تعمل مع بعضها البعض لتؤدي وظيفة محددة.
وتصنف المنظومات وفق العديد من المبادئ منها:

- **الخصائص المكانية Spatial characteristics**
- **استمرارية المتغيرات بالنسبة للزمن**
- **تغير المعاملات (البارامترات)**
- **تكميم المتغيرات التابعة Quantization of dependent variable**
- **مبدأ التحصيل الشامل super position principle**
- **الطبيعة**
- **بعد المنظومة**
- **الاستقرار**

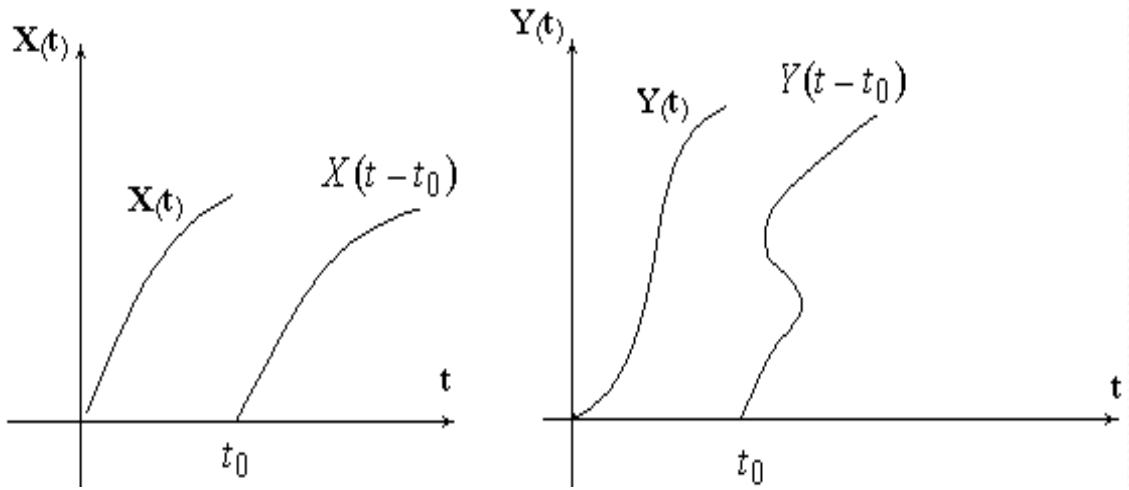
تصنيف المنظومات

✓حسب الخواص **المكانية** تكون المنظومات موزعة إذا كانت قيم متغيراتها تابعة للمكان (يشكل المكان متغيرا مستقلا) وتكون مركزة إذا كانت متغيراتها لا تشكل تابعا للمكان.

✓حسب تغير البارامترات مع الزمن تسمى المنظومات ثابتة زمنيا إذا كان خرج المنظومة لا يتعلق بلحظة تأثير الدخل، أو بتعبير أوضح إذا كانت إشارة الدخل تؤدي إلى الحصول على نفس الخرج بغض النظر عن لحظة تطبيق الدخل. أما إذا كانت إشارة الدخل ذاتها تؤدي إلى الحصول على خرج مختلف عند تطبيقها في لحظتين زمنيتين مختلفتين تكون المنظومة ذات بارامترات متغيرة مع الزمن. يمكن التعبير عن ذلك رياضياً بالعلاقة:

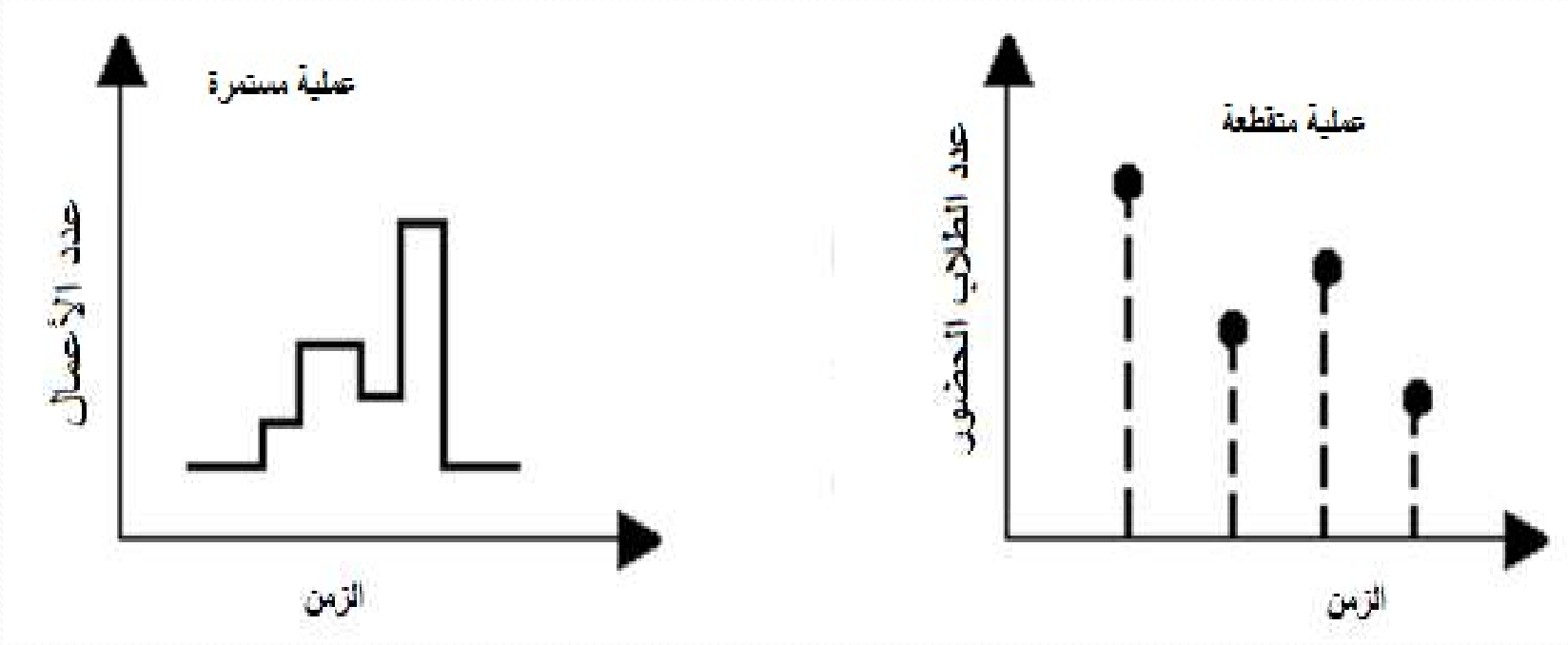
$$u_1(t) = u_2(t - t_0) \rightarrow y_1(t) = y_2(t - t_0)$$

وبيانياً بالشكل:



تصنيف المنظومات

✓حسب الاستمرار: المنظومات المستمرة هي المنظومات التي تعطي في كل لحظة زمنية قيمة معينة للدخل والخرج، وتوصف بمعادلات يشكل فيها الزمن قيما متواصلة (تشابهية analog). وإلا فهي متقطعة discrete



تصنيف المنظومات

✓المنظومات **المكممة** هي منظومات تم تقطيع بارامتراتها بالقيمة أو بالزمن أو بكليهما.

✓وفق **مبدأ التحصيل الشامل** تقسم المنظومات إلى خطية وغير خطية وسوف ندرس هذه المسألة لاحقا بشيء من التفصيل.

✓وتصنف المنظومات **حسب البعد** dimension أو حسب عدد إشارات الدخل والخرج:

- منظومات أحادية الدخل والخرج Single input single output (أو أحادية البعد) لها دخل وحيد وخرج وحيد.
- منظومات متعددة الدخل والخرج Multi input multi output وذلك في حال تعدد إشارات الدخل والخرج.

✓تكون المنظومات حسب **معايير الاستقرار** إما مستقرة أو غير مستقرة أو حيادية
ويعرف الإستقرار بأنه: معيار يعبر عن سعي المنظومة للعودة إلى وضعيتها الابتدائية التي انحرفت عنها بتأثير مؤثر خارجي ما.

تصنيف المنظومات

✓حسب طبيعة استجابة المنظومة نميز بين منظومات **ستاتيكية** ومنظومات **ديناميكية**:

النظم الستاتيكية (السكونية) تتعلق فيها إشارة الخرج فقط بالقيم الآنية لإشارة الدخل (مستقلة عن الزمن) وهي منظومات توصف بمعادلات جبرية.

النظم الديناميكية (الحركية) تتعلق إشارة خرجها بالقيم الآنية والسابقة لإشارات الدخل (بطبيعة تغير إشارات الدخل كتابع للزمن) وتوصف المنظومات الديناميكية بمعادلات تفاضلية.

✓وتصنف النظم وفق **طبيعة عناصرها** إلى:

- ميكانيكية
- كهربائية
- حرارية
- نظم موائع
- مختلطة

الطبيعة السكونية (الستاتيكية):

يقصد بالطبيعة السكونية أو الحالة الساكنة الحالة التي تصل إليها المنظومة (العنصر) بلا تشويش وبعد وقت كاف تصبح بعده جميع المقادير الفيزيائية ثابتة مع الزمن.

ملاحظة: أحيانا تكون الحالة الساكنة مجرد وضع تخيلي لا يمكن تحقيقه في المنظومة الواقعية عمليا

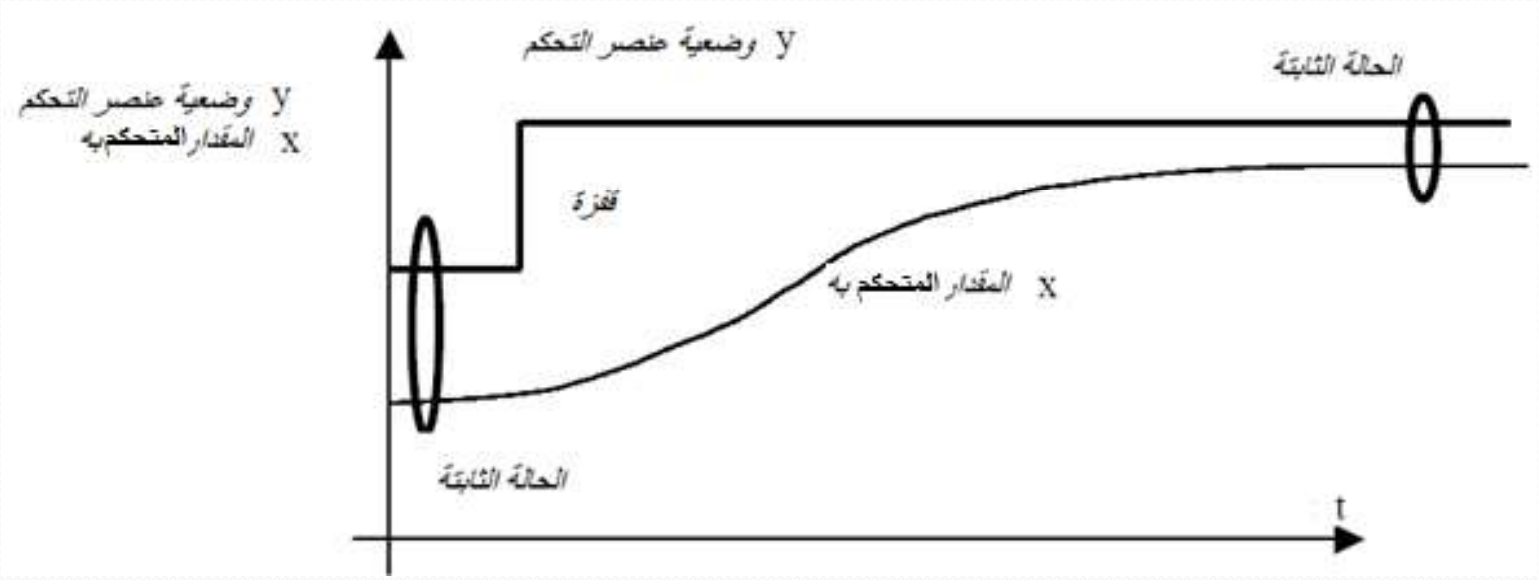
الطبيعة الحركية (الديناميكية):

يقصد بالطبيعة الديناميكية طبيعة العمليات الانتقالية أو المتغيرة مع الزمن. وتتمثل وظيفة التحكم بالتالي:

- المحافظة على قيمة ثابتة للمقدار المتحكم به (درجة حرارة غرفة مثلا) برغم تأثير إشارات التشويش.
- ضمان الانتقال في قيمة المقدار المتحكم به من قيمة سابقة إلى قيمة جديدة وذلك عند تغير القيمة المفروضة من خلال عملية انتقالية (عند رفع قيمة درجة الحرارة المرغوبة يتم تشغيل جهاز التدفئة لحين التوصل إلى القيمة الجديدة مثلا).
- تتعلق الطبيعة الديناميكية للعمليات الانتقالية (عمليات التدفئة أو التبريد مثلا) في المنظومات (غرفة مكيفة) بالخواص الفيزيائية (السعة الحرارية) لهذه المنظومات (زيادة السعة الحرارية تؤدي إلى بطء العملية الانتقالية وكذلك تلعب الناقلية الحرارية لجدران الغرفة دوراً كبيراً).

تصنيف المنظومات

يمكن تحقيق الانتقال من حالة ثابتة (ساكنة) إلى أخرى عبر تنفيذ تغير على شكل قفزة في وضعية عنصر التحكم. كأن يتم فتح صمام وحدة التدفئة إلى وضعية جديدة. ويتغير المقدار المتحكم به كرد فعل على هذه القفزة. طبيعة هذا التغير تتعلق بطبيعة الغرض المتحكم به وهي ما يسمى بالطبيعة الزمنية أو الديناميكية.



الفرق بين القيمة الحقيقية والقيمة المرغوبة للمقدار المتحكم به بالخطأ ويكون هذا الفرق موجوداً حتى في الحالة الثابتة ويسمى خطأ الحالة الثابتة steady state error أو الخطأ الستاتيكي

تصنيف المنظومات

يمكن أن نجمل تصنيف المنظومات في الجدول التالي:

	Distributed موزعة	**lumped مركزة**	**الخصائص المكانية** **Spatial characteristics**
مختلطة	discrete–time متقطعة	**continuous مستمرة**	**استمرارية المتغيرات بالزمن**
	متغيرة	**ثابتة (invariant)**	**تغير المعاملات (البارامترات)**
	مكممة	**غير مكممة**	**تكميم المتغيرات التابعة Quantization of dependent variable**
	Non–linear لاخطية	**خطية** **Linear**	**مبدأ التحصيل الشامل super position principle**
	ستاتيكية	**ديناميكية**	**الطبيعة**
	متعددة الدخل و الخرج MIMO	**أحادية الدخل والخرج** **SISO**	**بعد المنظومة**
حيادية	غير مستقرة	مستقرة	**الاستقرار**

تصنيف المنظومات

في ختام استعراضنا لتصنيف المنظومات يجب أن ننوه إلى أن:

- المنظومات الفعلية تكاد تكون جميعها ديناميكية Dynamic، لاخطية non-linear، متغيرة البارامترات time-variant، وهي في الغالب مستمرة continious وموزعة (يمكن اعتبارها مركزة lumped ببعض التبسيط خاصة بالنسبة للمنظومات قليلة الأبعاد أو التي تتحرك بسرعات قليلة نسبيا).

- يتعلق هذا التصنيف بالنماذج التي توصف هذه المنظومات وليس بالمنظومات نفسها.

- في مقررنا الحالي سوف نقتصر على دراسة المنظومات الخطية الثابتة زمنيا LIT linear time-invariant systems

النمذجة الرياضية

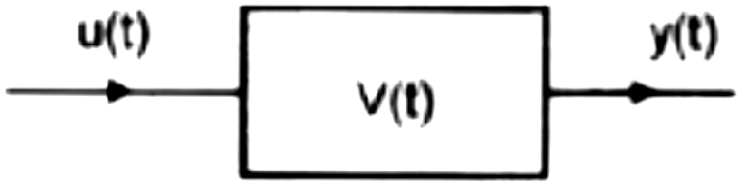
إذا كان من الممكن التعبير عن السلوك الديناميكي لمنظومة فيزيائية ما بمعادلة أو بجملة معادلات، فإن هذه المعادلة أو جملة المعادلات تسمى نموذجا رياضيا للمنظومة.

- يمكن بناء هذه النماذج على أساس معرفة المميزات الفيزيائية للمنظومة،
- أو تحديد النموذج الرياضي عن طريق التجارب بقياس استجابة خرج المنظومة على إشارات دخل معلومة،

طرق النمذجة الرياضية

1- النمذجة النظرية: (صندوق أبيض)

- تعتمد على معادلات التوازن الفيزيائية بين القوى والكتل والطاقات
- نتيجتها نماذج بارامترية فيزيائية ونماذج الحالة.
- إيجابيات الطريقة: تعكس بنية المنظومة بشكل جيد وهناك توفيق بين البارامترات ومكونات المنظومة.
- سلبيات الطريقة: ضرورة تحديد البارامترات، يتأثر النموذج بتغير التشويش، لا يأخذ تغير مواصفات المنظومة مع الزمن في الحسبان.

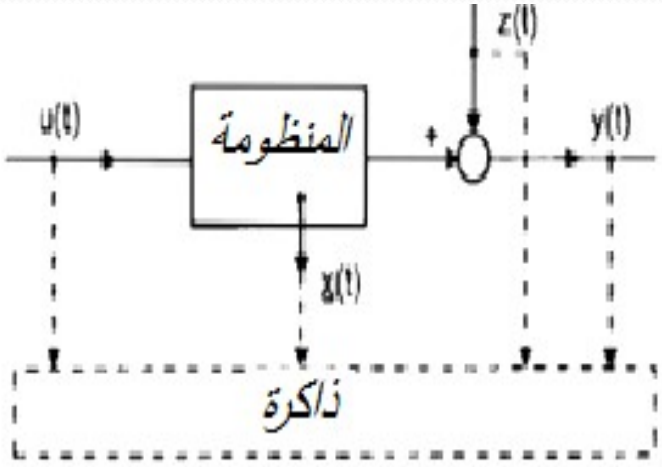


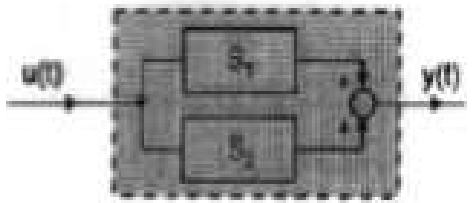
$$\frac{dV(t)}{dt} = u(t) - y(t)$$

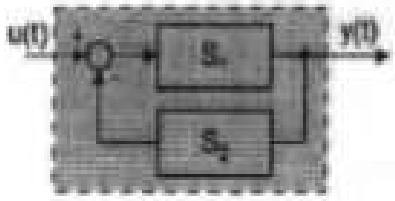
طرق النمذجة الرياضية

2- النمذجة التجريبية (صندوق أسود) لا تهتم بتفاصيل البنية الداخلية للمنظومة.

- تعتمد على تنفيذ تجارب على المنظومة مع تسجيل بارامترات المنظومة u(t), z(t), x(t).
- نتيجتها نموذج دخل – خرج أو نموذج حالة.
- إيجابيات الطريقة: يمكن تحديد أو تخمين قيم بارامترات المنظومة ، يمكن أخذ التغيرات مع الزمن في الحسبان، النموذج يبنى في ظروف الواقع.
- سلبيات الطريقة: لا تهتم ببنية المنظومة، يصعب التوفيق بين البارامترات والمكونات، يجب إجراء التجارب على المنظومة مباشرة (جهد وتكلفة وجهد لتقييم نتائج القياس)







طرق النمذجة الرياضية

3- النمذجة النمذجة المختلطة (صندوق رمادي)

4- النمذجة المبنية على إفادات الخبراء (بالتعلم)

- تعتمد على استبيان آراء الخبراء وتحليل طرق تعاملهم مع المنظومة

- نتيجتها نموذج لغوي أو كيفي qualitative (غير كمي).

- إيجابيات الطريقة: جهد أقل، تعكس الطبيعة الحقيقية للمنظومة.

- سلبيات الطريقة: تتعلق بمستوى الخبراء و بمستوى المنمذج وجودة الاستبيان، ذاتية (غير موضوعية)، و تشترط أن يكون هناك خبرة في التعامل مع المنظومة (التقانات و المنتجات الحديثة؟؟)