

Avaliação 2

Projeto no espaço de estados

2.1 Instruções

Dentro da programação especial do curso para o período sem atividades presenciais do primeiro semestre de 2019 estão previstas duas atividades avaliativas. A primeira versou sobre projeto e validação de controladores usando o plano Z. Esta segunda versa sobre projeto discreto no espaço de estados.

Siga a sequência de atividades propostas, incluindo projetos e simulações, e prepare um relatório conforme as indicações e sugestões apresentadas. Consolide o relatório em um único arquivo e entregue-o usando o link disponível no sistema e-disciplinas.

IMPORTANTE: O prazo final para entrega do relatório é **28/06/2020 às 23h**.

O formato preferencial para entrega é PDF. Outros formatos também são aceitáveis, mas evite entregar nos formatos do MS-Word (doc ou docx), pois frequentemente formatação e figuras se perdem ao abrir estes tipos de arquivo em computadores diferentes daqueles em que eles foram produzidos. Caso seja impossível consolidar o relatório em um único arquivo, consolide os diferentes arquivos gerados em um arquivo zip.

O critério para avaliação será o seguinte:

% nota	Item	Observação
20%	Clareza, organização e legibilidade	<p>Note que este item não avalia aspectos estéticos.</p> <p>Clareza: Está dito de forma clara o que se está mostrando em cada trecho do relatório? Figuras, parâmetros e resultados estão devidamente referenciados no texto? É possível entender sem esforço o conteúdo do relatório? Eventuais referências estão claramente relacionadas? São feitas referências a dados, fatos, etc. que só serão evidentes posteriormente na leitura do texto? Quando é feito algum desenvolvimento matemático, fica claro o que se deseja, o que está sendo feito e porquê? Os gráficos estão devidamente legendados?</p> <p>Organização: É possível encontrar sem esforço todas as informações necessárias ao entendimento do relatório ao longo do texto? O texto tem começo, meio e fim? Os objetivos estão claramente enunciados? É possível se saber onde se está e aonde se vai chegar ao longo do texto? Gráficos e figuras estão apresentados de maneira coerente e consistente? A itemização do relatório é adequada?</p> <p>Legibilidade: O texto é legível (especialmente se for um manuscrito escaneado ou fotografado - que é perfeitamente aceitável)? É possível ler e compreender os gráficos? A formatação do arquivo enviado prejudica a leitura?</p>

% nota	Item	Observação
35%	Projeto A - Alocação de polos	Pontos avaliados: Correta apresentação do problema; Correta formulação e apresentação dos requisitos de projeto; Desenvolvimento do projeto (memorial de cálculo); Obtenção de resultados; Apresentação dos resultados.
35%	Projeto B - Deadbeat	Pontos avaliados: Correta apresentação do problema; Correta formulação e apresentação dos requisitos de projeto; Desenvolvimento do projeto (memorial de cálculo); Obtenção de resultados; Apresentação dos resultados.
10%	Comparação entre projetos e conclusão	Pontos avaliados: Correta e adequada apresentação dos critérios de comparação; Correta comparação dos resultados; Pertinência e corretismo das conclusões.

Finalmente, tirar dúvidas ou discutir este projeto com os colegas é perfeitamente aceitável e até encorajado, mas plágio não. O relatório e eventuais códigos de computador devem ser produzidos **individualmente**.

2.2 Apresentação do problema

Considere o módulo lunar apresentado no Suplemento 3. Desejamos projetar um sistema de controle para a propulsão (horizontal e vertical) do módulo para que ele decole da superfície lunar e dirija-se a um módulo de comando, com a manobra sujeita a uma série de restrições e requisitos.

A manobra está esquematizada na Figura 2.1 Por conveniência vamos assumir que a origem

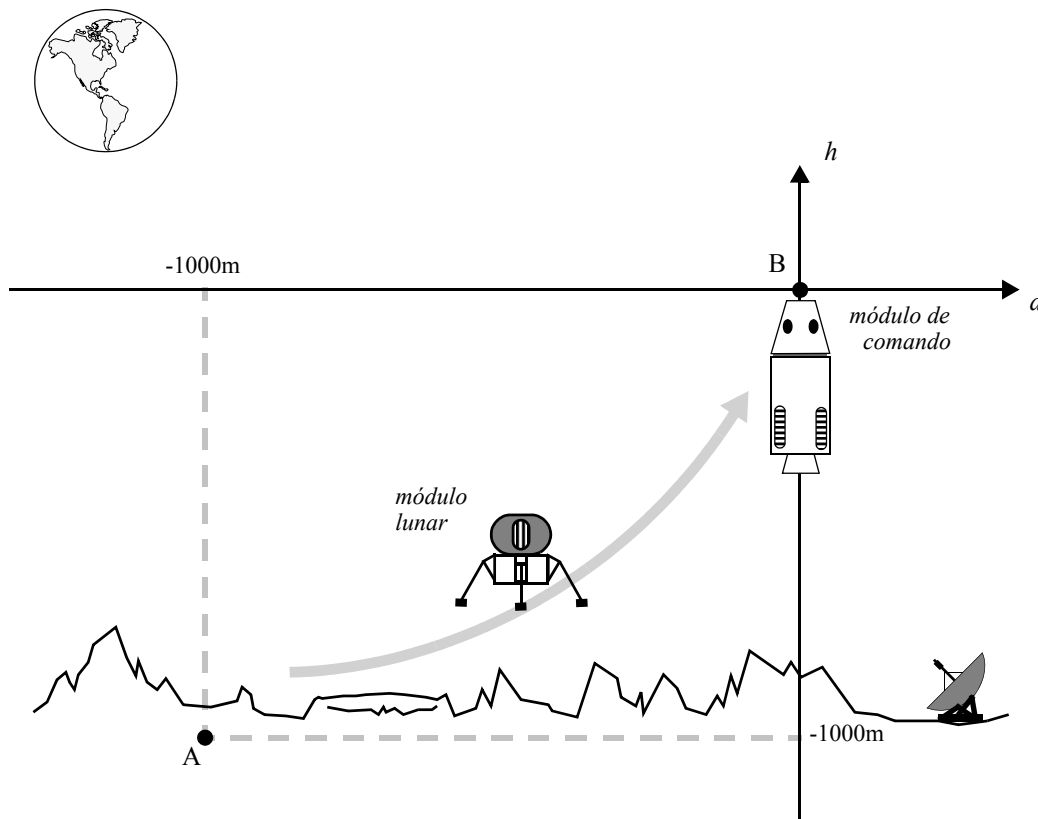


Figura 2.1 Diagrama da manobra com o módulo lunar

do sistema de coordenadas situa-se no módulo de comando. Para simplificar o problema admitiremos também que inicialmente o módulo lunar se encontra imóvel com relação à superfície lunar e que o módulo de comando também se encontra imóvel em relação à superfície.

Com relação à modelagem do Suplemento 3, desprezaremos quaisquer ruídos ou irregularidades.

O objetivo é levar o módulo do ponto A até o ponto B (na origem do sistema de coordenadas) em menos de **200s**. Ao mesmo tempo, os propulsores do módulo lunar não poderão em nenhum momento ultrapassar **100%** de sua capacidade máxima (V. Suplemento 3).

O controlador será discreto, operando a uma frequência de amostragem de 10Hz, e duas abordagens de projeto serão adotadas: (A) Regulador Linear Quadrático (assumindo todo o estado do sistema disponível para controle) e (B) Regulador Linear Quadrático (assumindo que apenas a medida da posição do módulo lunar será disponível para o controlador).

2.3 Projeto A - RLQ com estado completo

2.3.1 Requisitos do projeto

Para este projeto faremos uso de um Regulador Linear Quadrático e assumiremos que o vetor completo de estado (posições e velocidades horizontais e verticais) estará disponível para o controlador.

- i) O módulo lunar deverá sair do Ponto A (superfície lunar) e atingir o Ponto B (módulo de comando) em **200s** ou menos.
- ii) Os propulsores não deverão exceder **100%** dos empuxos máximos em nenhum momento. Note que o modelo considera o empuxo vertical líquido, porém as especificações se aplicam ao empuxo total.

2.3.2 Verificação e validação do projeto

Verificação, neste caso, pode ser entendida como o procedimento que garante que o projeto foi executado de modo a atender os requisitos, isto é, que todas as etapas foram corretamente executadas e que os resultados pretendidos, dentro das premissas, foram alcançados. Para isso verificaremos se os requisitos i) a ii) foram atingidos.

Validação, neste caso, pode ser entendida como o procedimento que garante que o projeto efetivamente atende às expectativas, isto é, que de fato o sistema de controle funciona como deveria.

A verificação e validação deste projeto será feita através de simulações.

O procedimento de verificação consistirá em simular a manobra com o sistema discreto em malha fechada (controlador discreto controlando a planta discretizada), de acordo com as premissas de projeto.

O procedimento de validação consistirá em simular a manobra com o sistema de controle como ele deverá ser efetivamente utilizado, isto é, com um controlador discreto controlando a planta contínua, inclusive calculando o empuxo vertical total.

2.3.3 Etapas do projeto

Siga as seguintes etapas de projeto. Procedimentos não necessários para a execução do projeto, mas que deverão ser obrigatoriamente incluídos no relatório estão assinalados.

- a) Discretize o modelo do módulo lunar utilizando o método do segurador de ordem zero.

Sugestão: use o comando 'c2d' do Matlab com opção 'zoh'.

- b) Projete um RLQ, ajustando as matrizes de ponderação de modo a atender os requisitos de projeto.
Dica: note que aumentar a penalização do estado faz com que o sistema responda mais rapidamente, porém com maior esforço de controle; aumentar a penalização das entradas diminui o esforço de controle, mas piora a resposta do sistema.
- c) VERIFICAÇÃO (OBRIGATÓRIO): Trace os gráficos da saída do controlador (considere o empuxo vertical total), do estado da planta e da saída da planta para a manobra no ambiente de verificação (controlador discreto e planta discreta).
- d) VALIDAÇÃO (OBRIGATÓRIO): Trace os gráficos da saída do controlador, do estado da planta e da saída da planta para a manobra no ambiente de validação (controlador discreto e planta contínua).
- e) (OBRIGATÓRIO) Trace um gráfico com a trajetória do módulo lunar (posição horizontal X posição vertical).
- f) (OBRIGATÓRIO) Analise os resultados obtidos e compare os resultados dos procedimentos de verificação e validação.

2.4 Projeto B - RLQ com observador de estados

2.4.1 Requisitos do projeto

Os requisitos serão os mesmos do projeto anterior, mas se assumirá que somente a saída do sistema (posições vertical e horizontal) é disponível, e um observador de Luemberger de ordem completa será utilizado para obter uma estimativa do estado.

- i) (igual ao projeto anterior).
- ii) (igual ao projeto anterior).
- iii) Os polos do observador deverão ser cinco vezes mais rápidos que os polos do sistema em malha fechada.

2.4.2 Verificação e validação do projeto

O mesmo procedimento de V&V do projeto anterior será utilizado.

2.4.3 Etapas do projeto

Siga as seguintes etapas de projeto. Procedimentos não necessários para a execução do projeto, mas que deverão ser obrigatoriamente incluídos no relatório estão assinalados.

- a) Calcule os polos de malha fechada do sistema e proponha polos para o observador.
Dica: Obtenha o mapeamento dos polos equivalentes no plano S , expresse cada polo ou par de polos em termos de ξ e ω_n e calcule os polos do observador multiplicando por cinco os valores de ω_n .
- b) Projete o observador segundo as especificações.
- c) VERIFICAÇÃO (OBRIGATÓRIO): Trace os gráficos da saída do controlador (considere o empuxo vertical total), dos estados estimado e real da planta e da saída da planta para a manobra no ambiente de verificação (controlador discreto e planta discreta).
IMPORTANTE: Use condições iniciais nulas no observador.
- d) VALIDAÇÃO (OBRIGATÓRIO): Trace os gráficos da saída do controlador (considere o empuxo vertical total), dos estados estimado e real da planta e da saída da planta para a manobra no ambiente de validação (controlador discreto e planta contínua).
IMPORTANTE: Use condições iniciais nulas no observador.
- e) (OBRIGATÓRIO) Trace um gráfico com a trajetória do módulo lunar (posição horizontal X posição vertical).
- f) (OBRIGATÓRIO) Analise os resultados obtidos e compare os resultados dos procedimentos de verificação e validação.

2.5 Comparação dos projetos

- a) Compare os projetos A e B tendo em vista tanto a saída da planta como a saída do controlador.

2.6 Sugestão de apresentação

Produza um relatório com as etapas de projeto claramente inteligíveis e com destaque para resultados intermediários importantes.

Produza e apresente os gráficos de maneira a facilitar a comparação visual dos resultados (mesma escala para gráficos similares, colocar curvas a serem comparadas lado a lado, etc.).

Coloque argumentos curtos e precisos nos comentários e conclusões (evite floreios, argumentos que não possuam embasamento ou não possam ser justificados pelos resultados, evite termos vagos).

Evite incluir textos desnecessários (por exemplo, incluir o conteúdo deste documento no relatório).

(RPM, V2020c)